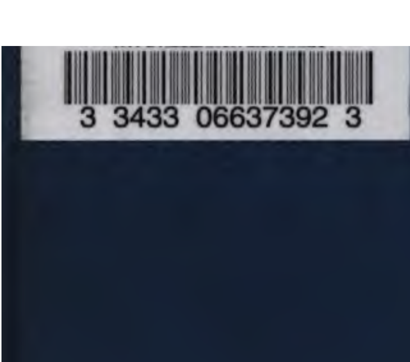
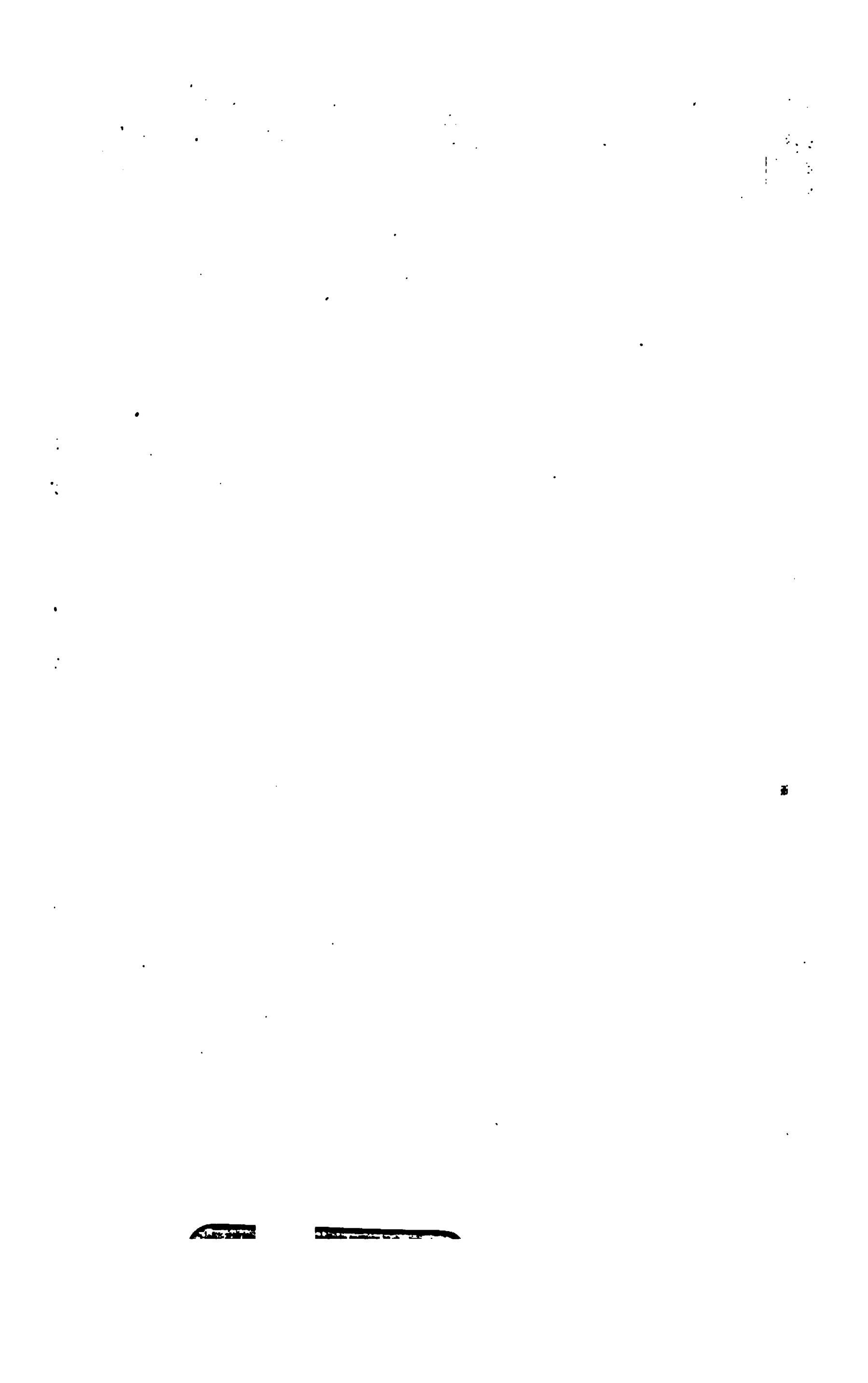
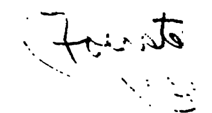

3 3433 06637392 3





Die Elektrotechnische Praxis.

II. Band.



Die

Elektrotechnische Praxis.

Praktisches Hand- und Informationsbuch

für

Ingenieure, Elektrotechniker, Montageleiter, Monteure Betriebsleiter und Maschinisten elektrischer Anlagen, sowie für Fabrikanten und Industrielle

in drei Bänden

gemeinverständlich bearbeitet und herausgegeben

von

Fritz Förster,
Oberingenieur.

II. Band:

Elektrische Lampen und elektrische Anlagen.



Berlin.
Louis Marcus Verlagsbuchhandlung.
1901.

Elektrische Lampen

und

Elektrische Anlagen

von

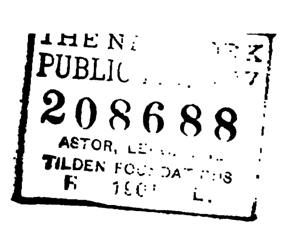
Fritz Förster,
Oberingenieur.

II. Band

mit 51 in den Text gedruckten Figuren.



Berlin.
Louis Marcus Verlagsbuchhandlung.
1901.



Inhaltsverzeichnis.

4. Abschnitt.

Elektrische Anlagen.

c) Elektrische Leitungen.

Druckfehler-Berichtigungen und Ergänzungen.

---

a) Nachtrag von Berichtigungen für Band I.

Seite 4. 3. Zeile von oben, fehlt bei der Definition des „Ohm“ am Schlusse die Temperaturangabe: **bei 0° C.**

Seite 12. Der zweite Absatz von oben muss lauten: „Mit Hilfe dieser Formel berechnet man unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Temperatur den Widerstand aller körperlichen Leiter.

Seite 49. 3. Zeile von unten ist statt: Magnetfedern, Magnetfeldern zu lesen.

Seite 61. 12. Zeile von oben ist statt: Pole, Magnetpole zu lesen.

Seite 66. 10. Zeile von oben ist statt: Regulierung, Hauptstrom-Regulierung zu lesen.

Seite 67. 3. Zeile von oben ist statt: Anlassen, Anlasser zu lesen.

Seite 71. 12. Zeile von oben ist statt: bedingsgemäss, bedingungsgemäss zu lesen.

Seite 76. 11. Zeile von oben ist statt: Charakterisch, Charakteristisch zu lesen.

Seite 83. 10. Zeile von unten ist statt: Büsten, Bürsten zu lesen.

Seite 91. 4. Zeile von oben ist das Wort nun zu streichen.

Seite 97. 6. Zeile von unten ist statt: Ausschalter, Ausschalten zu lesen.

Seite 111. 10. Zeile von unten ist statt: also, als zu lesen.

Seite 120. 4. und 5. Zeile ist statt: einer Nebenschlussmaschine, einem Nebenschlussmotor zu lesen.

Seite 127. 9. Zeile von unten ist hinter: Tourenzahlen, die Ergänzung: für die verschiedenen Maschinentypen und Grössenmodelle aufzunehmen.

Seite 129. 11. Zeile von unten ist statt: des Instrumentes, für das nämliche Instrument zu lesen.

Seite 130. 11. und 12. Zeile von oben ist statt: in den Voltmetern führt man, führt man bei allen Voltmetern zu lesen.

Seite 140. 9. Zeile von oben ist hinter: Ampère, der Parenthesesatz: (kleinere Maschinen um entsprechend geringere, grössere um entsprechend höhere Werthe) einzuschieben.

Seite 141. 7. Zeile von unten ist statt: 3,1415, **3,1416** zu lesen.

Seite 148. 13. Zeile von oben ist hinter: 0,5 kg der Parenthesesatz: (je nach der Motorgrösse) einzuschieben.

Seite 168. 1. Absatz 2. Zeile von oben ist statt: Elemnetes, Elementes zu lesen.

Seite 176. 1. Absatz 3. Zeile von oben ist hinter: 1.89 Volt ein Komma anzunehmen.

Seite 201. 6. Zeile von oben ist statt: 110 — 60 = **40**, **110 — 60 = 50** zu lesen und der dritte Formelausdruck von unten heisst danach:

$$w = e/i = \frac{50}{100} = 0{,}5 \text{ Ohm.}$$

Der Formelausdruck am Fusse der Seite muss dann lauten:

$$0{,}5 - 0{,}29 = 0{,}21 \text{ Ohm.}$$

Seite 202. 3. Zeile von oben statt: 0,15, **0,25** zu lesen, ebenso muss infolgedessen der Formelausdruck unter b) auf dieser Seite lauten:

$$\frac{0.15 \cdot 20}{0{,}45} = 11 \text{ m.}$$

b) Berichtigungen und Ergänzungen für Band II.

Seite 32. 2. und 3. Zeile von oben ist zu lesen statt: Einschalten, bezw. Ausschalten, Einschalten der Bogenlampen, bezw. beim Abschalten oder Vermindern des Anlasswiderstandes u. s. w.

Seite 36. 8. Zeile von unten ist statt: Kohlenfaden, Platinfaden zu lesen.

Seite 78. 10. Zeile von unten ist statt: Eincylindermaschine, Eincylindermaschinen zu lesen.

Seite 85. Der unterste Formelausdruck ist folgendermassen abzuändern:

$$Ne = 1{,}33 \frac{3 \cdot 75 \cdot 1000 \cdot 100}{75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot \mathbf{65}} = 1{,}7 \text{ oder} \sim 2 \text{ PS. eff.}$$

Seite 90. 10. Zeile von oben ist statt: Jouvalturbine, Jonvalturbine zu lesen.

Seite 104. 5. Zeile von unten ist hinter: übersetzen, folgender Nachsatz anzuhängen: indessen ist man, was wir später erfahren werden, an gewisse vorteilhafte Wellengeschwindigkeiten gebunden.

Seite 190. Hinter dem ersten Absatz, welcher gesperrt gedruckt ist und mit: electrischer Energie. endigt, ist folgender Absatz einzuschieben:

Nach den Kirchhoff'schen Gesetzen (vergl. Satz 5, Band I Seite 8) ist uns weiter Folgendes bekannt: In einem Leiter vom Widerstande „*w*", der von einem Strome „*i*" durchflossen wird. ist das Produkt aus Stromstärke und Widerstand gleich der Spannungsdifferenz an den Enden dieses Leiters.

Seite 190. 7. Zeile von unten ist statt: nach dem Ohm'schen Gesetz, nach dem Kirchhoff'schen und Ohm'schen Gesetz zu lesen.

Einleitung.

Wenn wir uns die historische Entwickelung der lichtspendenden Lampe vom Kienspahnhalter und der Pechpfanne oder von den ersten Öl-Dochtlampen unserer Vorfahren bis zur heutigen elektrischen Glühlampe vergegenwärtigen, so ist es keineswegs Neid, was uns beschleicht beim Anblick oder bei der blossen Vorstellung der trübseligen früheren Beleuchtung.

Ähnliche Empfindungen überkommen uns, wenn wir uns die historische Entwickelung der Betriebsmotore vom Göpel oder von der Tretmühle bis zur heutigen Ventildampfmaschine oder auch bis zum Elektromotor vergegenwärtigen.

Der moderne Zeitgeist hat sich für Beleuchtung und Kraftübertragung die Elektrizität nutzbar gemacht. —

Es ist nicht zu leugnen, dass die Elektrotechnik durch ihr sieghaftes Vordringen auf allen industriellen Gebieten andere verwandte

technische Produktions- und Erwerbszweige, speziell für Beleuchtung und Kraftübertragung, zu einem heissen Kampfe, zu einem gewaltigen Ringen um die Existenz herausgefordert hat.

In der ganzen Interessensphäre entbrannte der Kampf, teils Hand in Hand mit der Elektrotechnik, teils im Wettbewerb gegen diese. Allüberall entwickelte sich für Licht und Kraft eine überaus fieberhafte Rührigkeit und Regsamkeit, und was der Menschengeist bis heute auf diesen Gebieten errungen und erreicht, es ist wohl der aufgewendeten Mühe wert.

Wir verdanken diesem Ringen z. B. das Gasglühlicht*), welches heute noch immer wie seit einem Decennium, fast seit seiner Einführung durch Auer von Welsbach neben der elektrischen Beleuchtung, und zwar nicht ohne Erfolg, ein bestimmtes, aber immerhin begrenztes Feld zu behaupten sucht, trotz der vielen Vorzüge der elektrischen Beleuchtung.

---

*) Man könnte dem Elektrotechniker entgegenhalten, dass das Gasglühlicht bei dem gleichen Kostenaufwand an Betriebsenergie und Betriebsmaterial eine grössere Lichtmenge hergiebt, als die elektrischen Glühlampen. Dies trifft für die letzteren allerdings zu, indessen fallen für diese die vielen Vorzüge doch sehr erheblich und ausschlaggebend ins Gewicht. Die elektrische Bogenlampe dagegen stellt sich hinsichtlich der Lichtausbeute bei gleichem Kostenaufwande wieder bedeutend günstiger als das Gasglühlicht. —

Man kann mit 1 m³ Gas etwa 6—7 Gas-Rundbrenner

Gegenüber allen anderen Beleuchtungsarten sind als besondere Vorzüge der elektrischen Beleuchtung, die aber in den meisten Fällen nicht nach Gebühr berücksichtigt werden, hervorzuheben: Erstens, dass speziell die elektrischen Glühlampen nur geringe Wärme ausstrahlen; zweitens, dass dieselben weder Sauerstoff verbrauchen, noch Kohlensäure entwickeln, und deshalb auch die Zimmerluft nicht verschlechtern, wie das bei jeder Gasbeleuchtung, insbesondere aber bei Petroleumbeleuchtung der Fall ist; drittens besteht bei der elektrischen Beleuchtung weder eine Explosionsgefahr noch eine Vergiftungsgefahr wie bei der Gasbeleuchtung.

Der Hauptvorzug der elektrischen Beleuchtung aber ist die von keiner anderen Beleuchtung erreichte Bequemlichkeit und das Anpassungsvermögen derselben für alle nur erdenklichen Verwendungszwecke.

Wir verdanken diesem Ringen in der elektrotechnischen Gründungs- und Konkurrenz-

---

(Argandbrenner) von je 16 Normalkerzen Lichtstärke 1 Stunde lang betreiben oder etwa 8—10 Gasglühlichtflammen von 40—45 Normalkerzen Lichtstärke. Andererseits kann man, was wir in den folgenden Kapiteln erfahren werden, mit 1 m^3 Gas im Gasmotor — je nach der Motorgrösse — etwa $1-1^1/_2$ PS. eff. erzeugen und hiermit wiederum auf elektrischem Wege 10—18 Glühlampen von je 16 Normalkerzen Lichtstärke oder 2 Bogenlampen von je 800—1000 Hefner-Einheiten Lichtstärke betreiben. Es ist hierbei ferner zu berücksichtigen, dass das Gas für Kraftzwecke an fast allen Orten billiger abgegeben wird als für Beleuchtungszwecke.

Epoche ferner das Acetylen als Leucht- und Kraftgas. Bisher ist das Acetylen eigentlich nur hie und da für einzelne abgeschlossene Beleuchtungsanlagen gegen die Elektrizität in Konkurrenz getreten, nicht im Entferntesten aber in dem Masse, als man nach der ersten Reklame hätte annehmen können. Die Explosionsgefahr ist heute zwar infolge Vervollkommnung der Acetylen-Gasentwickler und bei aufmerksamer und vorschriftsmässiger Behandlung derselben als ein ziemlich überwundener Standpunkt zu betrachten. Ebenso dürfte zu ernsthaften Bedenken der oft beklagte und zweifellos unangenehme Geruch des Acetylens, der sich bei undichten Leitungen bemerkbar macht, wohl seltener Veranlassung bieten. An der Erzeugung des Acetylens ist schliesslich die Elektrotechnik nicht ganz unbeteiligt, denn das Material, aus welchem das Acetylengas sich entwickelt, das Calcium-Carbid, kann rationell in grösseren Mengen ausschliesslich in elektrischen Schmelzöfen gewonnen werden. Wegen der vereinzelt vorgekommenen furchtbaren Explosionen werden seitens der Behörden in vielen Städten der allgemeinen Einführung der Acetylenbeleuchtung und der Kraftübertragung durch Acetylen-Gasmotore ernstliche und zum Teil auch wohl nicht unberechtigte Bedenken entgegengehalten.

Auf die Entwickelung und Vervollkommnung der Betriebsmotore hat das Aufblühen der Elektrotechnik ebenfalls einen nicht zu unterschätzenden Einfluss ausgeübt, denn allein für den Betrieb der Dynamomaschinen werden an den Betriebsmotor heute wesentlich höhere Anforderungen gestellt in Bezug auf Regulierfähigkeit und Gleichmässigkeit in der Tourenzahl, als dies früher der Fall war.

Ebenso hat die Ausbildung und Einführung der Motorfahrzeuge zu Wasser und zu Lande — welcher Art die Betriebskraft auch immer sein mag — in Gemeinschaft mit den elektrisch betriebenen Fahrzeugen in lebhaftem Wettbewerb einen ungeahnten Aufschwung genommen. —

Was wird die Zukunft der Elektrotechnik bringen? — Das ist eine offene Frage von ganz allgemeinem Interesse!

Ob die Zukunft der Elektrotechnik das Alles bringen wird, was wir von ihr erhoffen, stehe dahin! Unsere Zeit ist für die Entwickelung der Elektrotechnik jedenfalls die wichtigste und vermutlich auch die an Erfolgen reichste und glänzendste Epoche. Aus den „Kinderschuhen der Elektrotechnik" sind wir heute zweifelsohne heraus, trotzdem setzen wir auf die Zukunft noch recht grosse und berechtigte Hoffnungen, und es ist nur zu wünschen, dass sie sich erfüllen mögen.

---

3. Abschnitt.

Elektrische Lampen.

Allgemeines.

Man unterscheidet im elektrischen Licht zwei prinzipiell verschiedene Lichtarten:

1. das Bogenlicht,
2. das Glühlicht.

Das Bogenlicht hat seine Bezeichnung nach dem als Lichtquelle dienenden elektrischen Flammenbogen erhalten, welcher sich an der Unterbrechungsstelle eines Stromkreises bildet.

Das Glühlicht dagegen hat seine Bezeichnung nach dem als Lichtquelle dienenden fadenförmigen körperlichen Leiter von hohem Widerstande erhalten, welcher durch den ihn durchfliessenden Strom zur leuchtenden Weissglut erhitzt wird.

Die Lichtintensität oder Leuchtkraft der beiden Lichtquellen und damit auch der Verwendungszweck derselben ist sehr verschieden.

Während das Bogenlicht infolge seiner enormen Leuchtkraft sich vorzugsweise zur Beleuchtung grosser Räume (Festsäle, hohe Fabrikräume und Hallen) und namentlich auch zur

Beleuchtung freier Plätze eignet, so eignet sich das Glühlicht infolge seiner grösseren Teilbarkeit vorzugsweise zur Beleuchtung von Bureau-, Geschäfts- und Wohnräumen jeglicher Art.

Vergleichende Messungen mit einer als Normale geltenden Lichtquelle haben uns in den Stand gesetzt, mit Hilfe eines Photometers die verhältnismässige Leuchtkraft aller Lichtquellen zu ermitteln.

Als Normale gilt entweder die deutsche Normalkerze oder die Hefnerkerze, auch Hefner-Einheit genannt.

Für die Bestimmung der Lichtintensität elektrischer Glühlampen hat sich mehr die deutsche Normalkerze „Nk." eingeführt, für diejenige der elektrischen Bogenlampen dagegen die Hefner-Einheit „H. E.". Letzteres wohl lediglich aus dem Grunde, weil gerade von Hefner-Alteneck es war, der auf dem Gebiete der elektrischen Bogenlichtbeleuchtung bahnbrechend vorgegangen ist und der sich namentlich um die Entwickelung und die praktische Vervollkommnung der Bogenlampe hervorragende Verdienste erworben hat.

Als deutsche Normalkerze gilt die Leuchtkraft einer Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und 50 mm Flammenhöhe. Die Normalkerze verhält sich zur Hefnerkerze etwa wie 1:0,8.

Die Bogenlampen werden in Lichtstärken von 100 bis 10000 und mehr H. E. hergestellt,

die Glühlampen in Lichtstärken von 5 bis 50 Nk. und mehr.

Der Wirkungsgrad, d. i. der spez. Wattverbrauch pro Normalkerze Lichtausbeute, steht bei den Bogenlampen wesentlich höher als bei den Glühlampen. Bei den gewöhnlichen Bogenlampen stellt sich der Energieverbrauch pro Nk. auf etwa 0,5 bis 0,8 Watt, bei den Glühlampen auf 3 bis 4 Watt.

Die *Nernstlampe*, die in letzterer Zeit so viel von sich reden gemacht hat, zu deren Vervollkommnung und Ausbeutung sich grosse internationale Finanzgesellschaften gebildet haben, wird vorerst noch die Probe in der Praxis bestehen müssen. Der Vorführung derselben auf der Pariser Weltausstellung (1900) ist nunmehr eine beschränkte Einführung dieser Lampe in die Praxis gefolgt. (Berlin.) *)

---

*) Den Mitteilungen der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, über die Nernstlampe ist Folgendes zu entnehmen:

Die neue Lampe, die ein schönes weisses Licht aussendet, lässt sich mit ihrem Gewindesockel in die üblichen Lampenfassungen einschrauben. Sie erfordert bei gleicher Helligkeit nur halb so viel Strom wie die bisher gebräuchlichen Glühlampen. Anders wie diese zeigt die Nernstlampe nach dem Einschalten nicht sofort ihr volles Licht; erst etwa 10 Sekunden nach dem Einschalten geht das anfänglich schwache Leuchten in die volle Leuchtkraft über. Am kürzesten ist diese Zündungsperiode bei Lampen, die senkrecht nach unten

Noch sehr weit im Felde dagegen steht das bisher nur im Versuchsstadium als Experiment an die Öffentlichkeit getretene „Tesslalicht" als Licht der Zukunft! (?)

A. Bogenlampen.

Prinzip.

Verbindet man zwei sich mit den zugespitzten Enden berührende Kohlenstäbe „*a*, *b*" (Fig. 61) aus Retortenkohle, wie man sie bei

---

hängen, am längsten (bis 30 Sekunden) bei wagerecht angebrachten Lampen. Es empfiehlt sich daher, die Nernstlampe möglichst senkrecht herabhängend zu verwenden.

Die Nernstlampe wird zunächst für *220 Volt* Spannung und einem Kraftverbrauch von *40 Watt* hergestellt, sie kommt dabei einer 25kerzigen Glühlampe an Helligkeit gleich.

Verglichen mit den bisher meist gebräuchlichen Glühlampen von 16 Kerzen Leuchtkraft, die 50 bis 60 Watt verbrauchen, ergiebt die Nernstlampe nicht nur eine Ersparnis an Stromverbrauch von 20 bis 33 pCt., sondern auch zu gleicher Zeit eine Vermehrung der Helligkeit um 50 pCt.

Nach weiteren Angaben der A. E.-G. betragen die Anschaffungskosten einer Nernstlampe *Mark 11.*— und die durchschnittliche Lebensdauer etwa 500 Brennstunden.

Die Nernstlampe soll zunächst durch mietweise Abgabe eingeführt werden.

der Gasfabrikation als Rückstand gewinnt, mit den Polen einer Stromquelle „*D*“ von genügend hoher Spannung, so entsteht bei geringem Auseinanderziehen der beiden Kohlenstäbe zwischen den Spitzen derselben eine elektrische Lichterscheinung von ganz inten-

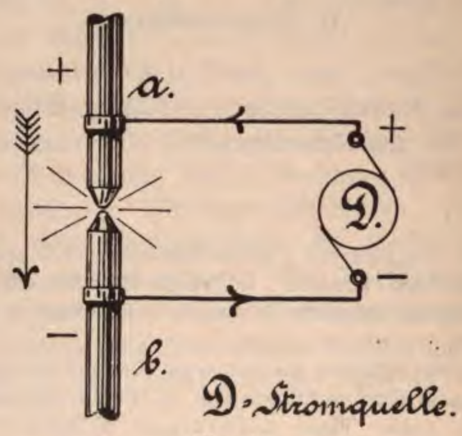


Fig. 61.

siver Leuchtkraft. Entfernt man die Kohlenspitzen auf einen etwas grösseren Abstand von einander, so wird das Licht noch intensiver aufleuchten. Betrachtet man diese Lichterscheinung durch ein dunkles Glas, so wird man bei genügendem Abstande der Kohlenspitzen deutlich einen kleinen Flammenbogen wahrnehmen, der unter dem Namen „Davy'scher Lichtbogen“ bekannt ist und dessen Entdeckung

ums Jahr 1810 dem englischen Chemiker H. Davy zugeschrieben wird.

Entfernt man die Kohlenstäbe allmählich immer weiter von einander, so wird bis zu einer gewissen Grenze die Leuchtkraft des Bogens immer mehr zunehmen, von einer bestimmten Entfernung ab aber wird das Licht violett und auch unruhig, bis schliesslich bei weiterem Entfernen der Kohlenspitzen von einander der Lichtbogen abreisst und damit die Lichterscheinung verschwindet. Es ist einleuchtend, dass es beim allmählichen Vergrössern des Lichtbogens, also beim Auseinanderziehen der Kohlenspitzen, eine Stellung geben muss, welche für die Lichtausbeute am günstigsten ist. Diese Stellung, welche unter Voraussetzung gleichen Kohlenmaterials jeweilig von der Spannung und von der Stromstärke abhängig ist, hat als normale Lichtbogenlänge der Lampe zu gelten.

Lichtbogenlänge, Spannung u. Stromstärke.

Für höhere Stromstärken ist diese günstige Lichtbogenlänge grösser, bei niederen Stromstärken kleiner, ebenso verhält es sich mit der Spannung des Lichtbogens.

Die Abhängigkeit zwischen Lichtbogenlänge, Spannung und Stromstärke für die jeweilig günstigste Lichtausbeute ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Stromstärke in Ampère	Spannung in Volt	Lichtbogen-länge in mm	Maximale Leuchtkraft in H. E.
2	40	0,8	120
4	42	1,5	250
6	43,5	2	700
8	44,5	2,5	1000
10	45	3	1500
12	46	3,5	2000
15	47	4	2600
20	48	4,5	4000
25	49	5	5500
30	50	5,5	7200

Kohlen.

Die in der Tabelle angegebene maximale Leuchtkraft in H. E. gilt nur annähernd und unter günstigsten Verhältnissen gemessen. Sie wird auch wesentlich von dem verwendeten Kohlenmaterial beeinflusst. Die besten gebräuchlichen Kohlen bestehen aus einem Gemisch von Retortenkohle, Graphit, Russ und Theer; diese Masse wird zu runden Stiften geformt und in grossen Öfen unter Luftabschluss gebrannt.

Die Stärke der Kohlenstifte wird nach der Stromstärke dimensioniert, die Länge derselben wird nach der Brenndauer bestimmt. Der Abbrand der positiven Kohle verhält sich zu dem

der negativen Kohle quantitativ ungefähr wie 2:1, deshalb wählt man bei gleicher Länge den Querschnitt der positiven Kohle etwa doppelt so stark als den der negativen.

Die positive Kohle der Gleichstromlampen stellt man ausserdem meist als Dochtkohle her, während die negative Kohle eine Homogenkohle ist. Der Docht der positiven Kohle besteht aus einem Gemisch eines Kalium- oder Natriumsilikates, dem sogenannten Wasserglas, mit Graphit oder ähnlichen Substanzen.

Über die Herstellung der Kohlenstifte selbst, wie auch des Dochtes und der dazu verwendeten Materialien waltet meist das Fabrikationsgeheimnis der betreffenden Kohlenfirmen.

Durch Verwendung der Dochtkohle erhält man ein viel ruhigeres Licht als bei Verwendung zweier Homogenkohlen.

Beim Abbrand höhlt sich die positive Kohle zu einem Krater aus, während die negative Kohle sich kegelförmig zuspitzt.

Die Spitze des negativen Kegels soll bei normaler Spannung eine leicht abgerundete sein; Fig. 62 stellt ein Kohlenpaar mit normalem Abbrand dar. Ist die Spannung zu niedrig, so spitzt sich der Kegel scharf zu; bisweilen bildet sich an der Spitze sogar ein Knöpfchen aus, welches ganz in die positive Kohle hineinbrennt. Ist die Spannung zu hoch, so stumpft

sich der Kegel der negativen Kohle flach ab. Es sind dies Erscheinungen, welche man in der Praxis sehr häufig wahrzunehmen Gelegenheit finden wird.

Die positive Kohle hat ferner immer eine höhere Temperatur als die negative Kohle, des-



Fig. 62.

halb glüht die positive Kohle nach dem Verlöschen der Lampe auch länger nach. Es ist dies also ein Indicium der richtigen Lampenpole. Die positive als stärkere Kohle ist bei den gewöhnlichen Gleichstrom-Bogenlampen immer

die obere, das Licht wird deshalb schräg nach unten geworfen, was als wesentlichster Vorzug der Gleichstrom-Bogenlampe gegenüber der im Band III zur Besprechung gelangenden Wechselstromlampe gilt.

Die verhältnismässige Stärke beider Kohlen, der positiven und der negativen, sowie die bezw. Stromstärken und Spannungen sind bei gleicher Kohlenlänge aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Stromstärke in Ampère	Spannung in Volt	Durchmesser in mm	
		der pos. Kohle	der neg. Kohle
2	40	8	5
4	42	13	8
6	43,5	16	10
8	44,5	17	11
10	45	18	12
12	46	20	13
15	47	21	13
20	48	22	13
25	49	25	17
30	50	25	17

Das ungefähre Verhältnis der Kohlenlänge zur Brenndauer ist der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Stromstärke in Ampère	Kohlenlänge in mm	Brenndauer in Stunden
2	110	6— 8
4	110	6— 8
6	180	10—12
8	180	10—12
10	180	10—12
12	235	14—16
15	235	14—16
20	235	14—16
25	270	18—20
30	270	18—20

Selbstverständlich ist die Stromstärke und die Brenndauer von gewissem Einfluss auf die Konstruktion, speziell auf die Dimensionen der Lampe.

Konstruktion. Die Bogenlampe besteht im Wesentlichen aus zwei Hauptheilen:

1. dem Reguliermechanismus,
2. der Armatur.

Der Mechanismus hat zwei Aufgaben zu erfüllen, und zwar als erste den Lichtbogen zu bilden, d. h. im Moment des Einschaltens der Lampe die beiden Kohlenstifte auf die der Stromstärke der Lampe entsprechende Lichtbogenlänge auseinander zu ziehen; zweitens fällt dem Mechanismus die weitere und wich-

tigere Aufgabe zu, die Lichtbogenlänge der Lampe bei dem allmählich vor sich gehenden Abbrand der Kohlen durch selbstthätige Nachregulierung möglichst konstant zu halten, so dass der Lichtbogen weder zu lang noch zu kurz wird. Je exakter sich diese Regulierung, d. h. der Nachschub der Kohlen vollzieht, um so ruhiger und gleichmässiger ist das Licht. Die Regulierung wird teils auf elektromagnetischem, teils auf mechanischem Wege bewerkstelligt.

Der Vorgang ist meist folgender: Ist der Lichtbogen der Lampe durch den Abbrand der Kohlen zu gross geworden, so wird durch die damit in Zusammenhang stehenden Änderungen in den elektrischen Strom- und Spannungsverhältnissen der Lampe ein Elektromagnet bethätigt, welcher das mechanische Regulierwerk auslöst. Dieses bewirkt nun den Nachschub der Kohlen, bis dieselben wieder den normalen Abstand erreicht haben. Hier wird dann das Regulierwerk wieder durch den Elektromagneten arretiert, bis sich bei weiterem Abbrand der Kohlen derselbe Vorgang wiederholt.

Es ist klar, dass ein Mechanismus, dem eine so vielseitige und mit grosser Akkuratesse zu erfüllende Aufgabe obliegt, nicht ganz einfach sein kann; so sind denn auch die sich bis heute am besten in der Praxis bewährten Lampen-Systeme und Konstruk-

tionen, namentlich die moderneren Konstruktionen renommierter Fabriken, wie u. A. der Spezialfabrik von Körting & Matthiesen in Leipzig, mehr oder weniger komplizierte Apparate.

Die Armatur der Bogenlampe besteht wiederum aus zwei Teilen, dem meist aus Zinkblech hergestellten Schutzgehäuse für den Reguliermechanismus, auch kurzweg Kappe genannt, und der Glasglocke, die als lichtdämpfendes und lichtstreuendes Mittel aus den verschiedensten Glasarten hergestellt wird, z. B. aus Hellglas, Mattglas, Opalglas, Milchglas u. a. m.

Die Glasglocke muss, um die Lampe zum Auswechseln der Kohlenstifte zugänglich zu machen, zum Herunterlassen eingerichtet sein; sie ist zu diesem Zweck in der Regel mittelst Haken an der Kappe oder der Lampe selbst befestigt, und hängt, heruntergelassen, an Ketten in angemessenem Abstande von der Kappe, so dass die Kohlenhalter frei liegen.

Die Bogenlampen-Armaturen werden in einfacher und eleganterer Ausstattung hergestellt. So sind z. B. die einfachsten Armaturen in der Regel mit glatten, schmucklosen, schwarz lackierten Zinkblechkappen ausgerüstet; bessere Armaturen werden goldbronziert und mit Bekrönung ausgeführt. Die elegantesten Ausführungen sind in „cuivre poli“ (poliertem Messing), eventuell in echter Vergoldung ge-

halten und mit Bekrönung und Ornamentenverzierung reich ausgestattet.

Die innere Schaltung.

Die Bethätigung des vorerwähnten Elektromagneten oder des Elektromagnetsystems der Lampe ist von der inneren Schaltung der Lampe abhängig und die innere Schaltung ist wiederum bestimmend für die äussere Schaltung der Lampe bezw. für die Verwendung derselben in den verschiedenen Schaltungsanordnungen im Leitungsnetz.

Hinsichtlich der inneren Schaltung unterscheidet man:

1. die Hauptstromlampe,
2. die Nebenschlusslampe,
3. die Differentiallampe.

Bei der Hauptstromlampe liegt der das Regulierwerk auslösende Elektromagnet im Hauptstromkreise der Lampe. Die Lampe reguliert infolge dessen auf konstante Stromstärke.

Bei der Nebenschlusslampe liegt der Elektromagnet im Nebenschluss zum Hauptstromkreise der Lampe. Diese Lampe reguliert auf konstante Klemmenspannung.

Die Differentiallampe endlich besitzt zwei Elektromagnete, deren einer im Hauptstromkreise, während der andere im Neben-

schluss zu diesem oder zum Lichtbogen liegt. Auf der Differentialwirkung der beiden Magnete oder Magnetsysteme beruht die Funktion dieser Lampe. Die Differentiallampe reguliert auf konstanten Widerstand.

Betriebsspannung und Vorschaltwiderstand.

Jede Bogenlampe oder Bogenlampengruppe erfordert zur Erzielung eines ruhigen und gleichmässigen Lichtes einen grösseren Vorschalt- oder Beruhigungswiderstand. In diesem Vorschaltwiderstande müssen, was praktische Versuche ergeben haben, etwa 15 bis 20 Volt vernichtet werden, so dass die Betriebsspannung für einzeln geschaltete Bogenlampen, die beispielsweise eine mittlere Klemmenspannung von 45 Volt erfordern, etwa 65 Volt betragen muss, für eine Gruppenschaltung von 2 Bogenlampen in Serie von je 45 Volt Klemmenspannung danach etwa 110 Volt. Ebenso erfordert aus demselben Grunde eine grössere Reihe von Differentiallampen einen gemeinsamen Vorschaltwiderstand. Theoretisch brauchte die Differentiallampe eigentlich keinen Vorschaltwiderstand, und es ist auch thatsächlich gelungen, Lampen dieses Systems zu bauen, welche ohne jeden Vorschaltwiderstand — wie wir später sehen werden — zufriedenstellend funktionieren. Die Ruhe des Lichtes ist aber bei der Schaltung

ohne Vorschaltwiderstand von der Konstruktion und mechanischen Ausführung der Lampe, wie auch von dem Kohlenmaterial wesentlich abhängig, ferner ist eine konstante Maschinenspannung erforderlich. Lampen ohne grösseren Beruhigungswiderstand sind natürlich gegen Störungen, die durch äussere Einwirkung hervorgerufen werden, viel empfindlicher als solche Lampen, denen ein grösserer, Energie verzehrender Widerstand vorgeschaltet ist.

Die reine Hintereinanderschaltung einer grösseren Reihe von Bogenlampen kommt übrigens für Gleichstrom in neuerer Zeit gar nicht mehr oder nur in äusserst seltenen Fällen zur Anwendung, weil die Gruppenschaltung in fast jeder Hinsicht grössere Vorteile bietet.

Aus dem oben Gesagten ist ersichtlich, warum gerade die Spannungen von 65 Volt bezw. 110 Volt sich als normale Betriebsspannungen für elektrische Anlagen eingeführt haben (über: Betriebsspannung vergl. Band I Seite 85—87).

Den Vorschaltwiderstand berechnet man folgendermassen:

Es sollen beispielsweise 2 Nebenschlussbogenlampen für 8 Ampère mit je 44 Volt Klemmenspannung, hintereinander brennend, an ein Leitungsnetz mit 110 Volt Betriebsspannung geschaltet werden. In dem Vorschaltwiderstand

wären demnach $110 - 88 = 22$ Volt zu vernichten, das ergiebt bei einer Stromstärke von 8 Ampère für die Lampen einen Widerstand von:

$$\frac{22}{8} = 2{,}75 \text{ Ohm.}$$

Die für den Widerstand erforderliche Drahtlänge berechnet man unter Verwendung eines beliebigen Widerstandsmaterials, wie Nickelin, Thermotan, Rheotan, Kruppin oder dergl. nach den in der Einleitung (Band I Seite 12) gegebenen Anleitungen.

Regulierung. Die Einregulierung der neuinstallierten Bogenlampen auf normale Stromstärke soll lediglich durch Abgleichung des Vorschaltwiderstandes mit dem Widerstande der Bogenlampenleitung bewerkstelligt werden. Da ein grösserer Vorschaltwiderstand als Beruhigungswiderstand der Bogenlampe notwendigerweise vorgeschaltet werden muss, so kann man auch ohne Weiteres einen Teil dieses Vorschaltwiderstandes in die Bogenlampenleitung hineinlegen. Das ist auch der Grund, weshalb man für Bogenlampenleitungen im Freien bisweilen blanke, verzinkte Eisendrähte als billigeres und für diese Zwecke durchaus geeignetes Leitungsmaterial verwendet. Ein Regulieren an dem Lampenmechanismus soll nach der Installation der Lampen vermieden werden, weshalb von vielen Bogen-

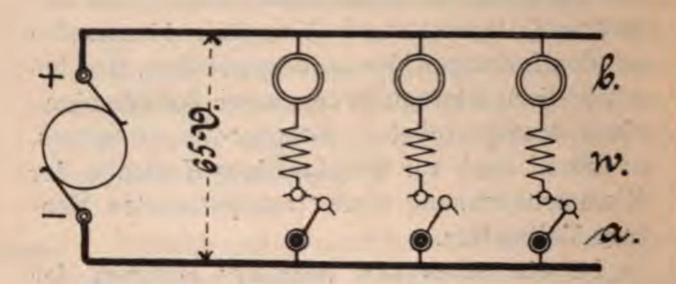
lampenfabriken der Abschluss des Regulierwerkes durch die Kappe plombiert wird.

Die Bogenlampen werden in der Fabrik für die gewünschte Stromstärke bei der zugehörigen entsprechenden Klemmenspannung einreguliert. Die Regulierung der Lampe bei der Inbetriebsetzung einer Neuanlage kann sich deshalb nur mehr auf Abgleichung des Vorschaltwiderstandes mit dem Leitungswiderstande erstrecken. Man bewirkt diese Einregulierung unter Zuhilfenahme eines transportabelen Montage-Ampèremeters, eventuell auch zur gleichzeitigen Kontrolle der Klemmenspannung eines transportabelen Montage-Voltmeters.

Ist ein gutes und normales Brennen der Lampe durch diese Regulierungsweise nicht zu erzielen, so schicke man die Lampe zur Nachprüfung in plombiertem Zustande an die Fabrik zurück oder lasse sie durch einen mit dem Mechanismus des betreffenden Lampensystems durchaus vertrauten Monteur oder Mechaniker nachsehen.

Vor dem Anschluss der Lampe an die Leitung kontrolliere man die Pole der Leitung (Polreagenzpapier, vergl. Band I Seite 126 und 127) und verbinde den positiven Pol mit der + Klemme und den negativen Pol mit der — Klemme der Lampe. Sind die Lampenklemmen nicht mit + und — bezeichnet, so werden sich sofort nach kurzem Einschalten

der Lampe die Pole charakterisieren, z. B. durch das längere Nachglühen der positiven Kohle nach dem Verlöschen, durch die Art der Lichtausstrahlung usw. Zu empfehlen ist es jedenfalls, die Polklemmen der Lampe mit + und — zu bezeichnen.



b. = Bogenlampe.
w = Widerstand.
a = Ausschalter.

Fig. 63.

Die äussere Schaltung.

Die auf konstante Stromstärke regulierende Hauptstromlampe eignet sich nur für Einzelschaltung, sei es als Einzellicht überhaupt, oder in Parallelschaltung einzelner Lampen (Fig. 63).

Die auf konstante Spannung haltende Nebenschlusslampe eignet sich sowohl für

Einzelschaltung, als auch vorzugsweise als Gruppenschaltungslampe, d. h. in Parallelschaltung einer hintereinander geschalteten Gruppe von 2 oder 4, eventuell auch mehr Lampen (Figg. 64 und 66). Wegen dieser Eigenschaft ist die Nebenschlusslampe eigentlich auch die gebräuchlichste aller Bogenlampen.

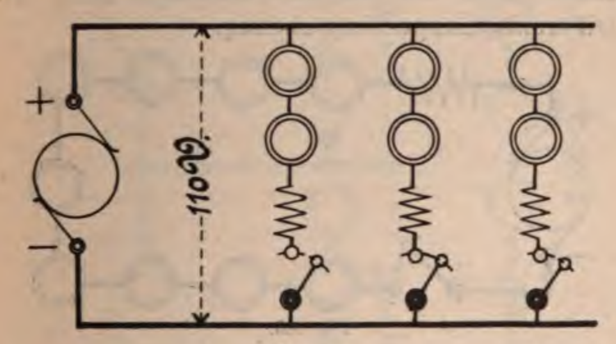


Fig. 64.

Die Differentiallampe eignet sich sowohl für die Gruppenschaltung (Figg. 64 und 66), als auch besonders für die Hintereinanderschaltung grösserer Reihen (Fig. 65). Sie ist überhaupt die einzige Lampe, welche die Hintereinanderschaltung grösserer Reihen ermöglicht (vergl. Band I Seite 71—73).

Danach kann, was sich aus Vorstehendem zum Teil schon ergiebt, für die Parallelschaltung

einzelner Bogenlampen (Fig. 63) ausser der Hauptstromlampe sowohl die Nebenschlusslampe als auch die Differentiallampe Verwendung finden.

Als Einzellicht kommt die Hauptstrom-Bogenlampe heute nur mehr zum Betriebe grösserer Scheinwerfer in Frage.

Für die Gruppenschaltung (Figg. 64 und 66) findet neben der Nebenschlusslampe auch die Differentiallampe Verwendung.

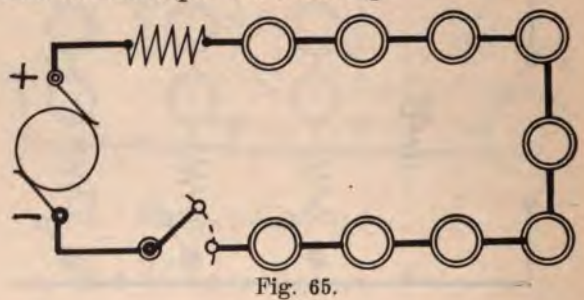


Fig. 65.

Für die reine Hintereinanderschaltung (Fig. 65) einer grösseren Anzahl von Bogenlampen eignet sich aber, wie schon erwähnt, ausschliesslich die Differentiallampe.

Fig. 66 stellt eine Gruppenschaltung im Dreileitersystem dar. Die Bogenlampen können hier sowohl zu je zwei Lampen hintereinander zwischen je einen Aussenleiter und den Mittelleiter (oder Nullleiter) geschaltet werden, als auch zu je vier Lampen hintereinander zwischen die Aussenleiter. In beiden Fällen

sind sowohl Nebenschluss- als auch Differentiallampen zu verwenden, d. h. entweder Nebenschluss- oder Differentiallampen, nicht etwa beide Systeme in einer und derselben Reihe.

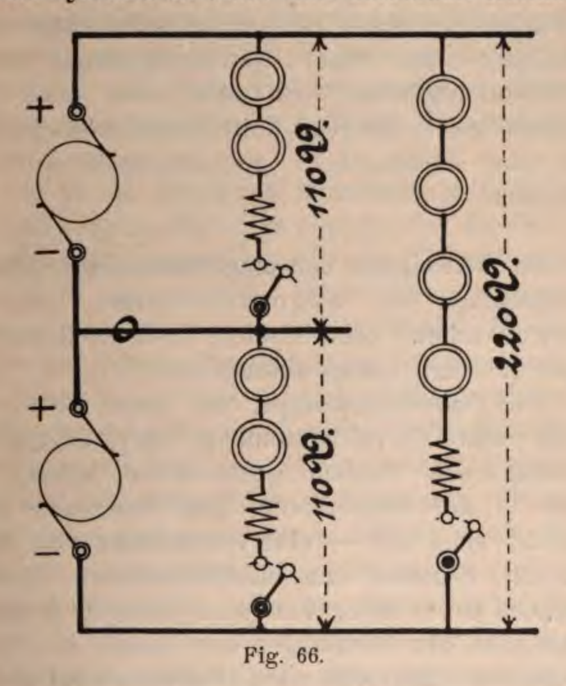


Fig. 66.

In der Praxis kommt es bisweilen vor, dass man eine einzelne Bogenlampe von einem Netz mit 110 Volt Betriebsspannung zu betreiben genötigt ist. Man hat in diesem Falle der Lampe einen sehr grossen Widerstand vorzuschalten, in welchem, die Klemmenspannung

der Lampe mit 45 Volt angenommen, 110 — 45 = 65 Volt vernichtet werden müssten. Es ist hiermit natürlich immer ein bedeutender Energieverlust verbunden, deshalb ist bei der Bearbeitung eines Beleuchtungs-Projektes für Anlagen mit einer Betriebsspannung von 110 Volt dafür Sorge zu tragen, dass möglichst immer zwei Lampen hintereinandergeschaltet an das Leitungsnetz angeschlossen werden können.

Spezialkonstruktionen und Spezialschaltungen.

Die seit einiger Zeit eingeführte *Dauerbrand-Bogenlampe* mit abgeschlossenem Lichtbogen scheint dazu berufen, in dieser Hinsicht eine fühlbare Lücke auszufüllen.

Die Dauerbrandlampe, um deren Entwicklung und Vervollkommnung sich unstreitig Jandus sehr verdient gemacht hat, besitzt — was in der Bezeichnung zum Ausdruck gebracht sein soll — eine Brenndauer von 100 bis 200 Stunden ohne Kohlenwechsel. Diese längere Brenndauer hat man dadurch erzielt, dass man den Lichtbogen der Lampe in einer kleineren Glasglocke nach Möglichkeit luftdicht abschliesst. Die Folge davon ist, dass beim Einschalten der Lampe der Lichtbogen zunächst den in der eingeschlossenen Luft enthaltenen Sauerstoff aufzehrt. Da infolge des luftdichten Abschlusses neuer Sauerstoff nicht hinzutreten kann, so wird der Verbrennungsprozess der

Kohlen derartig aufgehalten bezw. eingeschränkt, dass für ein Kohlenpaar eine Brenndauer von 100 bis 200 Brennstunden daraus resultiert. Diese Dauerbrandlampen sind mit Differentialschaltung versehen und erfordern eine Klemmenspannung von ca. 80 Volt, so dass an ein Lichtnetz mit 110 Volt Betriebsspannung diese Lampe nur in Einzelschaltung Verwendung finden kann.

Die Firma Körting & Mathiesen in Leipzig hat für solche Fälle, in denen bei 110 Volt Netzspannung unbedingt nur eine Bogenlampe installiert werden soll, neben ihrer Dauerbrandlampe eine sogenannte *Doppel-Bogenlampe* mit Nebenschlussschaltung auf den Markt gebracht. Es ist dies eine Spezialkonstruktion mit zwei gleichzeitig brennenden, hintereinander geschalteten Lichtbogen zwischen zwei in einer Armatur untergebrachten Kohlenpaaren. Diese Doppelbogenlampe erfordert deshalb auch die doppelte Klemmenspannung der gewöhnlichen Nebenschlusslampe, also wie die Dauerbrandlampe 80 Volt. Die Lichtintensität der Doppelbogenlampe verhält sich aber bei gleichem Energieverbrauch zu dem der Dauerbrandlampe mit eingeschlossenem Lichtbogen wie 1,45 : 1.

Bei der Dauerbrandlampe wird durch die beiden Glasglocken, die innere, Luft abschliessende, und die äussere Überglocke, viel

Licht absorbiert. Der Wirkungsgrad der Dauerbrandlampe steht deswegen gegen den der gewöhnlichen Lampen erheblich zurück. Der totale Energieverbrauch der Dauerbrandlampe ist bei der gleichen Bodenbeleuchtung nahezu der doppelte von dem der gewöhnlichen Lampe mit offenem Lichtbogen.

Um einerseits in Leitungsnetzen von 110 Volt Betriebsspannung statt normaler Weise nur 2 Bogenlampen, eventuell sogar 3 Bogenlampen in Hintereinanderschaltung betreiben zu können und, um andererseits eine bessere Energieausnutzung zu erzielen, ist von vielen Fabriken eine Differentiallampe in Dreischaltung als sogenannte *Triplexlampe* eingeführt worden. Diese Triplexlampe kann in Leitungsnetzen von 110 Volt, zu je drei Lampen hintereinander geschaltet, ohne Vorschaltwiderstand Verwendung finden. An Stelle des Vorschaltwiderstandes wird dem Stromkreise ein Anlasswiderstand „A“ (Fig. 67) eingefügt, welcher beim Einschalten der Lampengruppe allmählig kurz geschlossen wird, so dass die Lampen normal ohne jeden vorgeschalteten Widerstand brennen. Sehr grosse Anforderungen darf man an die Ruhe und Stetigkeit des Lichtes bei der Triplexlampe aber nicht stellen, obschon es bei einigem guten Willen und richtiger Abpassung der für den Betrieb der Lampen günstigen Verhältnisse nicht schwer hält, ein gutes und verhältnis-

mässig ruhiges Licht zu erzielen. Für die Bedienung des Anlassers ist zu beachten, dass bei neu eingesetzten Kohlenstäben der Hebel des Apparates in Zeitintervallen von $^1/_4$ zu $^1/_4$ Minute von Kontakt zu Kontakt bis auf den Kurzschlusskontakt dirigiert wird, um ein übermässig hohes Anwachsen der Stromstärke zu verhindern. Bei Kohlen, die schon gebrannt

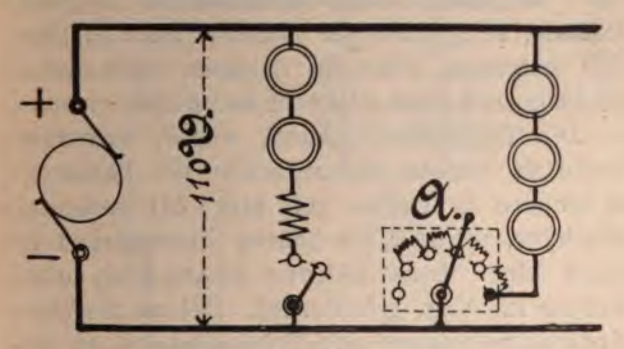


Fig. 67.

haben, sind die Zeitintervalle für die Einschaltung am Anlasser von Kontakt zu Kontakt auf 3 bis 5 Sekunden zu bemessen.

Die Erfahrungen der Praxis haben nämlich ergeben, dass bei neuen Kohlenstiften der Lichtbogen selbst bei grosser Länge einen viel geringeren Widerstand besitzt als bei Kohlenstiften, die schon gebrannt haben. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes ist der gesamte

Besitzen die Lampen dagegen Nebenschlussschaltung, so sind zwei Widerstände für die geteilten Stromstärken erforderlich und beiden parallelen Lampen vorzuschalten. (Fig. 68.) *)

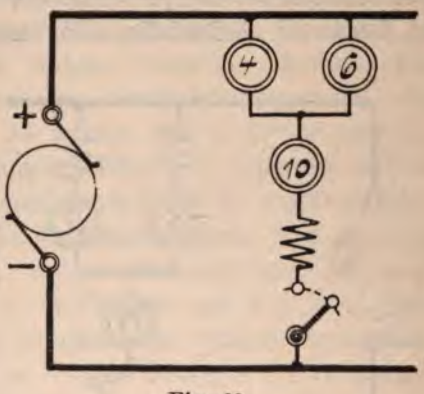


Fig. 69.

Indirekte Beleuchtung mittelst Bogenlicht.

Am Schlusse dieses Kapitels sei noch kurz der indirekten Beleuchtung mittelst Bogenlichtes Erwähnung gethan. Für Fabriken, besonders Spinnereien, Webereien u. dergl., sowie auch für Schulsäle hat sich diese Beleuchtungsart als besonders zweckmässig und vorteilhaft erwiesen.

---

*) Als litterarisches Spezialwerk über elektrische Bogenlampen ist zu empfehlen: Die Bogenlichtschaltungen und Bogenlampengattungen von Dr. M. Luxenberg. Leipzig 1894.

Bei der indirekten Beleuchtung mittelst Bogenlicht ist meistens die untere Kohle die positive und deshalb stärkere, wodurch erreicht wird, dass das Licht nach oben geworfen und, indem es hier gegen einen weissen Reflektorschirm oder gegen die weisse Decke ausstrahlt, durch den Raum gleichmässig zerstreut wird. Das nach den Seiten oder nach unten fallende Licht wird dann ebenfalls durch geeignete Spezialarmaturen „Laternen für zerstreutes Licht oder Diffusoren“ wieder zurückgeworfen und zerstreut.

Durch diese Streuung werden die beim Bogenlicht sonst unvermeidlichen starken Schatten aufgehoben und das Licht wirkt angenehm wie gedämpftes Tageslicht.

Die Firma Körting & Mathiesen hat für die verschiedensten Zwecke eine ganze Reihe Armaturen für zerstreutes Licht auf den Markt gebracht. Ebenso führt die Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Co. zwei Modelle, ein Modell für Fabriken und ein Schulenmodell.

Die Firma Siemens & Halske führt für indirekte Beleuchtung den Oberlichtreflektor „System Hrabowsky“, der sich namentlich in der Beleuchtung von Schulsälen, insbesondere von Zeichensälen, Anerkennung verschafft hat.

B. Glühlampen.

Prinzip.

Nach dem Joule'schen Gesetz (vergl. Band I Seite 14, 15) ist uns bekannt, dass in jedem Leiter, der von einem elektrischen Strome durchflossen wird, Wärme erzeugt wird, und zwar ist die in dem Leiter erzeugte Wärmemenge proportional dem Produkte aus dem Widerstande des Leiters und dem Quadrate der Stromstärke.

Es ist danach naheliegend, dass man einen Leiter von hohem Widerstande durch eine entsprechend hohe Stromstärke auch bis zur Weissglut erhitzen kann. Hierauf basiert das Prinzip der elektrischen Glühlampe.

Thomas Alva Edison, dem wir die Erfindung der elektrischen Glühlampe verdanken, hat einen in einem kleinen Glasballon eingeschmolzenen dünnen Platinfaden durch den elektrischen Strom zum Glühen gebracht. Um aber ein Verbrennen des Kohlenfadens zu verhüten, hat er dem Glasballon durch Evakuierung, d. h. durch Auspumpen der Luft, den Sauerstoff entzogen, so dass der Faden im luftleeren Raum (Vakuum) glüht. Je reiner das Vakuum, d. h. je sauerstofffreier der Inhalt des Glasballons ist, um so haltbarer erweist sich natürlich der Faden.

Die Glühlampen sind nun bis heute ausser- ordentlich vervollkommnet und gegen früher

Konstruktion.

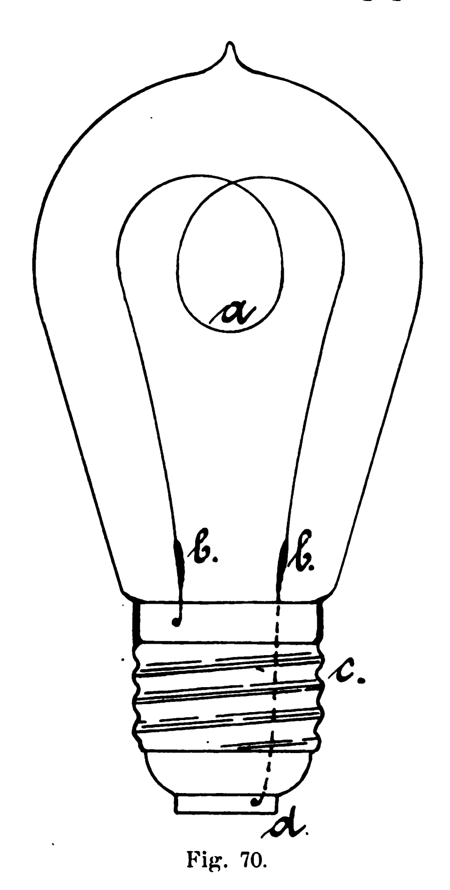


Fig. 70.

auch infolge rationeller Massenfabrikation erheblich verbilligt worden. An Stelle des Platin-

fadens ist ein Kohlenfaden „*a*“ (Fig. 70) getreten, der aus Zellulosefaser hergestellt, dann karbonisiert (verkohlt) und nach be-

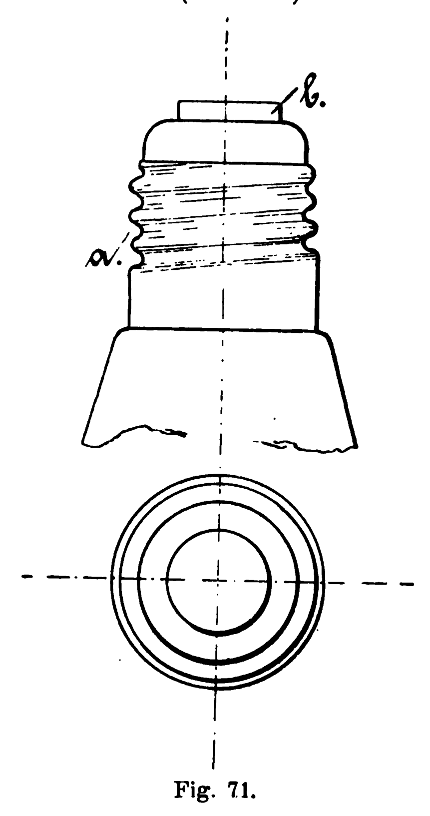


Fig. 71.

sonderem, von den Glühlampenfabriken meist geheim gehaltenen Verfahren präpariert wird.

Die Herstellung des Kohlenfadens erfordert naturgemäss bei Weitem die grösste Sorgfalt in

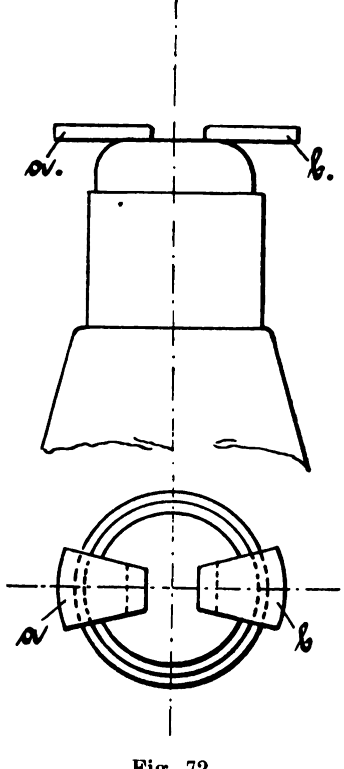


Fig. 72.

der ganzen Glühlampenfabrikation. Der Faden muss aus einem möglichst homogenen Material bestehen und in seiner ganzen Länge äusserst

genau und gleichmässig im Querschnitt kalibriert sein. Die Enden des Fadens werden mit kurzen Platindrahtenden „*bb*“ (Fig. 70) versehen, welche,

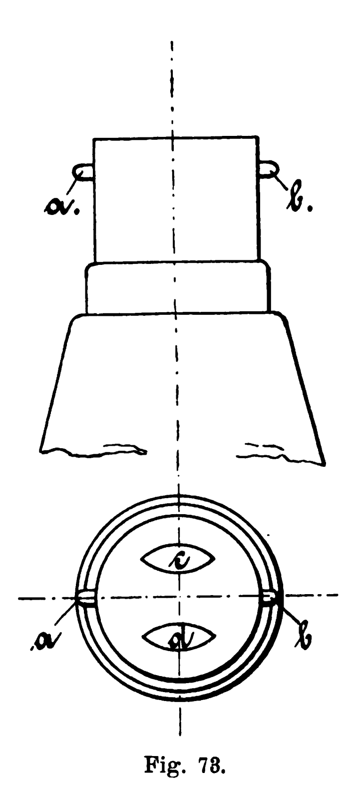


Fig. 73.

in die Glasbirne eingeschmolzen, diese durchdringen. Die beiden herausstehenden freien Enden werden mit zwei von einander isolierten

Metallteilen „*c*" und „*d*" des Glühlampensockels verlötet und die Glasbirne darauf in den Sockel eingegipst oder in anderer, ebenso zweckmässiger Weise darin befestigt.

Neben der fast allgemein gebräuchlichen, in Fig. 71 anschaulich dargestellten Form eines Glühlampensockels, dem sogenannten „Edisonsystem" oder „Edisongewinde", sind auch noch andere Formen bezw. Systeme im Gebrauch. So hat sich namentlich für die elektrische Beleuchtung auf Schiffen und Bahnen, wegen der hier auftretenden Erschütterungen, das in Fig. 72 dargestellte Siemens-System sowie besonders das in Fig. 73 dargestellte Swan-System bestens eingeführt und bewährt.

Diese verschiedenen Systeme von Glühlampensockeln sind natürlich auch nur in entsprechend konstruierten Glühlampenfassungen, welche das notwendige Zwischenglied zwischen der eigentlichen Glühlampe als Lichtquelle und der Leitung bilden, zu verwenden.

Man bezeichnet deshalb mit Edison-, Siemens- oder Swan-System nicht eigentlich den Glühlampensockel als solchen, sondern vielmehr die Fassung und den Sockel in ihrer konstruktiven Zusammengehörigkeit.

Bei der Edisonfassung wird der Kontakt zwischen den beiden Leitungszuführungen (+ und —) einmal durch die Gewindeverschraubung „*a*" (Fig. 71), das andere Mal durch eine

metallische Kontaktverbindung des Knopfes „*b*“ (Fig. 71) im Innern der Fassung hergestellt.

Bei der Siemensfassung wird der Kontakt durch die beiden von einander isolierten Metallohren „*a*“ und „*b*“ (Fig. 72) hergestellt. Diese beiden Ohren greifen in der Fassung je in einen federnden Metallkontakt.

Die Swanfassung besitzt einen Bajonettverschluss, in welchen die beiden Stifte des Glühlampensockels „*a*“ und „*b*“ (Fig. 73) eingreifen, wodurch die beiden von einander isolierten Kontaktblättchen „*c*“ und „*d*“ (Fig. 73) gegen im Innern der Fassung angebrachte federnde Metallstifte gedrückt werden und so der Kontakt des als Lichtquelle dienenden Glühlampenfadens mit der Leitung hergestellt wird. —

Es liegt auf der Hand, dass man bei einer bestimmten Leuchtkraft die für diese erforderliche elektrische Energie in möglichst niederen Grenzen zu halten sucht. Die wünschenswerten Lichtstärken für die Glühlampen hat man durch Photometrierung im Vergleich mit anderen gebräuchlichen Lichtquellen festgelegt. Es haben sich danach folgende Lichtstärken in Nk. als Normalien für Glühlampen eingeführt:

5, 10, 16, 25, 32, 50 Nk.

Die gebräuchlichste und für die meisten Fälle hinsichtlich des Lichtbedürfnisses auch ausreichend helle Glühlampe ist die 16kerzige

Glühlampe, welche deshalb auch als Normallampe gilt. Ihre Leuchtkraft bezw. Lichtintensität entspricht ungefähr derjenigen eines gewöhnlichen Argand-Gasrundbrenners.

Um die Glühlampen für die gebräuchlichen Betriebsspannungen von 65 und 110 Volt in Einzelschaltung verwenden zu können, muss der Widerstand des Kohlenfadens, der sich aus der Länge und dem Querschnitt unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Materialkonstante (spez. Widerstand) des Fadens ergiebt, verhältnismässig hoch ausfallen.

Die Ökonomie.

Die Ökonomie der Glühlampe, d. i. die pro Normalkerze Lichtausbeute aufzuwendende elektrische Energie in Watt ist sehr verschieden. Es werden sowohl Lampen für hohen als auch für niedrigen Wattverbrauch fabriziert. Die Glühlampen mit hohem Wattverbrauch unterscheiden sich von den Lampen mit niederem Wattverbrauch durch die längere Lebensdauer. Nachstehende Tabelle giebt die Ökonomie und die ungefähre zugehörige Lebensdauer in Brennstunden der verschiedenen auf den Markt gebrachten Glühlampen an:

Watt pro Nk.	2,6—2,8	3,1—3,3	3,6—3,8	4—4,3
Brennstunden	300—400	600—800	800—1000	1000—1200

Für Anlagen mit geringen Stromkosten kann sich unter Umständen die Verwendung von Lampen mit höherem Wattverbrauch und

langer Lebensdauer als sehr wirtschaftlich erweisen; auch vertragen diese Lampen, was als besonders ins Gewicht fallend zu beachten ist, ziemlich erhebliche Schwankungen in der Betriebsspannung ohne merklichen nachteiligen Einfluss auf die Lebensdauer.

Viel häufiger, aber, und zwar inbesondere für Centralen und andere Anlagen mit hohen Stromkosten, wird sich wohl die Verwendung von Glühlampen mit geringem Wattverbrauch aus wirtschaftlichen Gründen empfehlen, denn bei den heutigen geringen Kosten der Glühlampe kommen die Kosten für den Glühlampenersatz gegenüber denjenigen für den Stromkonsum kaum in Betracht. Es wird sich übrigens durch ein einfaches Exempel an Hand des Gesagten leicht die für jeden speziellen Fall richtige Wahl der wirtschaftlichsten Glühlampe treffen lassen.

Die 16 Nk.-Glühlampe braucht z. B.:

a) bei 2,6 Watt pro Nk. $2{,}6 \times 16 = 41{,}6$ Watt

b) bei 3,3 „ „ „ $3{,}3 \times 16 = 52{,}8$ „

das ergiebt für 1000 Brennstunden und bei einem Strompreise von Mk. 0,60 pro Kilowattstunde für:

a) 41,6 Kilowattstunden $= 41{,}6 \times 0{,}60 =$ Mk. 24,96

b) 52,8 „ $= 52{,}8 \times 0{,}60 =$ Mk. 31,68

Der Glühlampen-Ersatz beträgt für 1000 Brennstunden, bei einem Preise von Mk. 0,50 pro Glühlampe:

a) bei einer Lebensdauer von 300 Brennstunden

$$\frac{1000}{300}\ 0{,}50 = \text{Mk. } 1{,}66,$$

b) bei einer Lebensdauer von 800 Brennstunden

$$\frac{1000}{800}\ 0{,}50 = \text{Mk. } 0{,}62,$$

so dass die Gesamtbetriebskosten betragen für:

a)	an Stromkonsum	Mk.	24,96
	an Glühlampen-Frsatz	Mk.	1,66
	Sa.	Mk.	26,62
b)	an Stromkonsum	Mk.	31,68
	an Glühlampen-Ersatz	Mk.	0,62
	Sa.	Mk.	32,30

Das ist eine nicht unerhebliche Differenz in den Betriebskosten zu Gunsten der Glühlampe mit geringem Wattverbrauch.

Für die Verwendung von Glühlampen mit geringerem Wattverbrauch sei indessen noch besonders bemerkt, dass dieselben nennenswerte Schwankungen der Betriebsspannung nicht ohne nachteiligen Einfluss auf die an sich schon kurze Lebensdauer ertragen.

Verwendet man Glühlampen geringeren Wattverbrauchs in Anlagen, in denen mehr oder weniger grössere Spannungsschwankungen

auftreten, so büssen diese Glühlampen sehr bald an der Leuchtkraft ein und die Lebensdauer wird noch erheblich kürzer als in der Tabelle angegeben.

Das Mittel zwischen den Lampen mit hohem und denjenigen mit niederem Wattverbrauch bildet die Glühlampe mit 3,1 bis 3,3 Watt pro Nk. Diese Lampe, welche auch zwischen allen sonstigen guten und schlechten Eigenschaften ungefähr das Mittel hält, ist die gangbarste der heutigen Glühlampen. Der Energieverbrauch der 16 kerzigen Normallampe ist bei einer Ökonomie von 3,1 bis 3,3 Watt pro Nk. rund 50 Watt. Dieser Wert wird fast allen Berechnungen in der Projektierung elektrischer Beleuchtungsanlagen für die 16-Nk.-Glühlampe bezw. deren Äquivalent zu Grunde gelegt.

Betriebsspannung. Die Glühlampen werden für alle gebräuchlichen Spannungen, wie 65, 107—110, 116—120 Volt und in neuerer Zeit auch als sogenannte Hochspannungslampen für 216—220 und 250 Volt hergestellt. Auf jeder Glühlampe muss die Angabe über „Spannung in Volt“ und „Leuchtkraft in Nk.“ verzeichnet sein, um die Verwendung ungeeigneter Lampen für eine bestimmte Anlage auszuschliessen.

Die Zeichnung, das Aichen, der Glühlampen geschieht in der Regel durch Aufdruck oder

Einätzung zweier Zahlen, z. B. $\frac{16}{110}$; hierunter wäre dann zu verstehen: eine Glühlampe von 16 Nk. für eine Betriebsspannung von 110 Volt.

Für den Glühlampenbetrieb ist es im Interesse der Lebensdauer der Glühlampen durchaus notwendig, die Betriebsspannung der Anlage möglichst konstant auf gleicher Höhe zu halten. Sehr häufig werden die Glühlampen, und zwar meist aus nichtigen Gründen, mit zu hoher Spannung betrieben, was durchaus unzulässig ist, denn die Lampen erfahren dadurch neben einer stetig fortschreitenden Einbusse ihrer normalen Leuchtkraft eine ganz abnorme Verkürzung der Lebensdauer.

Die Hochspannungslampen von 220 Volt bieten infolge des geringeren Stromverbrauchs den grossen Vorteil der Verbilligung der Leitungsanlage durch Verminderung des Kupferaufwandes. Der Wattverbrauch dieser Lampen ist bei der gleichen Leuchtkraft auch ungefähr der gleiche wie für Lampen der halben Spannung, also der 110 Volt-Lampen.

Die Lebensdauer aber ist bei einer Ökonomie von 3,6 Watt pro Nk. nur annähernd dieselbe wie diejenige der 110 Volt-Lampe bei einer Ökonomie von 3,1 Watt pro Nk., unter der Voraussetzung, dass die Spannungsschwankungen für beide Vergleichslampen in ihren Leitungsnetzen die gleichen sind.

Schaltung der Glühlampen.

Die Schaltung der Glühlampen, d. h. die Anordnung derselben im Leitungsnetz, ist die denkbar einfachste.

Dem Entwurf einer elektrischen Beleuchtungsanlage wird in der Regel mit Rücksicht auf den Umfang und die räumliche Ausdehnung

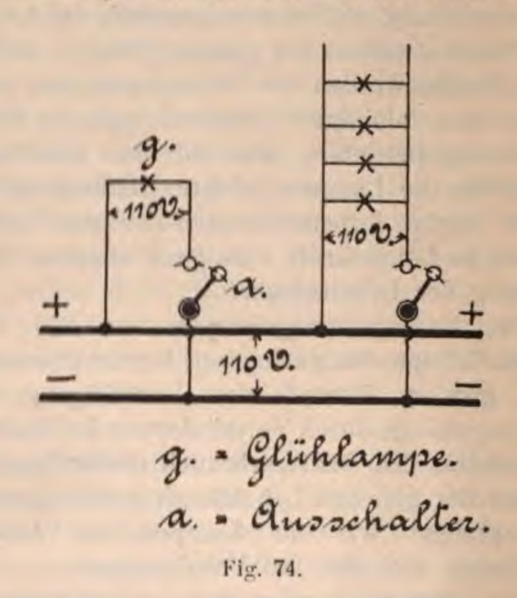


Fig. 74.

der Anlage eine der gebräuchlichen Lampenspannungen als Netzspannung zu Grunde gelegt.

Die einfachste und allgemein übliche Schaltungsanordnung ist deshalb die Parallelschaltung einzelner Glühlampen, wobei sowohl jede einzelne Lampe für sich als auch jede

beliebige Gruppe von Lampen in und ausser Betrieb gesetzt werden kann. (Fig. 74.)

In Fig. 75 soll die Abzweigung einer Glühlampe mit zugehörigem Ausschalter „*a*“ von einer vorhandenen Lichtleitung (+ und —), wie sie sich in Wirklichkeit ungefähr gestalten

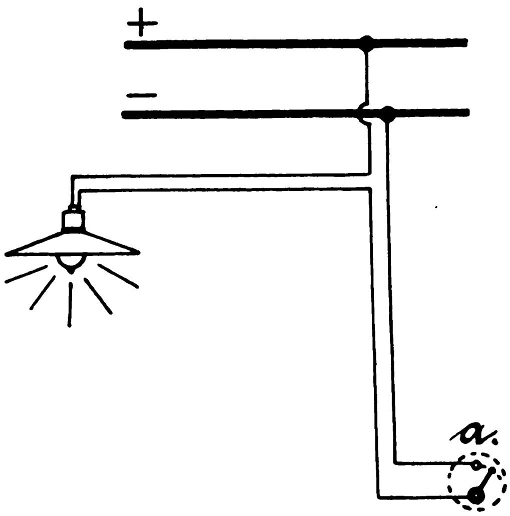


Fig. 75.

würde, dargestellt sein. Die Darstellung, wie sie in Fig. 74 gegeben, ist, wie alle früheren und späteren Schaltungen, als vereinfachtes Schema aufzufassen.

In Dreileiternetzen für $2 \times 110 = 220$ Volt (Fig. 76) ist die Lampenspannung 110 Volt; in

Dreileiternetzen von 2×220 = 440 Volt ist die Lampenspannung 220 Volt. Man könnte z. B. auch in Dreileiternetzen von 2×110 = 220 Volt zwischen je einem Aussenleiter und dem Mittelleiter Lampen von 110 Volt und zwischen den beiden Aussenleitern Lampen von 220 Volt betreiben, indessen ist diese Anordnung nicht zu empfehlen, vielmehr entschieden davon abzuraten, denn eine Verwechselung der beiden Lampen kann leicht zu Störungen aller Art Veranlassung geben. Eine Lampe für 110 Volt Betriebsspannung würde z. B., an die Aussenleiter mit 220 Volt Spannung angeschlossen, sofort infolge Durchbrennens des Kohlenfadens zerstört werden. Eine Verwechselung oder missbräuchliche Verwendung könnte man zwar eventuell durch die Wahl eines anderen Fassungs-Systems oder auch durch einen abweichend gestalteten Kontakt in derselben Fassung ausschliessen, doch ist es immer ratsamer, die Regel als Grundsatz festzuhalten: *Für die gleiche Anlage nur Lampen von ein und derselben Spannung zu verwenden.*

Man kann in Dreileiternetzen zwischen den Aussenleitern, ohne diesen Grundsatz zu verlassen, zwei Lampen von derselben normalen Netz- oder Lampenspannung in Hintereinanderschaltung betreiben, wie dies in Fig. 76 dargestellt ist.

Anders verhält sich die Sache in städtischen Elektrizitätswerken. Hier ist jeder Konsument, d. i. jede an das städtische Kabelnetz angeschlossene Installation, als eine für sich vollständig abgeschlossene besondere Anlage zu betrachten. Ist das städtische Kabelnetz nach dem Dreileitersystem für 2×110 = 220 Volt

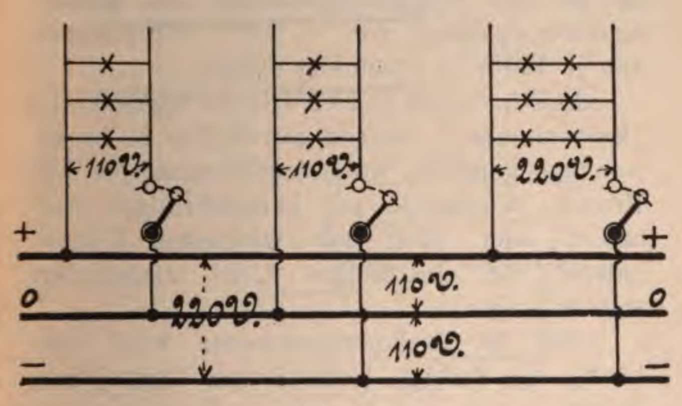


Fig. 76.

Spannung ausgeführt, so kann die angeschlossene Installation entweder mit 220voltigen Glühlampen, zwischen den beiden Aussenleitern geschaltet, als Zweileiteranlage betrieben werden, oder auch normalerweise als Dreileiteranlage mit 110voltigen Glühlampen zwischen je einem Aussenleiter und dem Mittelleiter geschaltet, vorausgesetzt, dass die Direktion des betreffen-

den Elektrizitätswerkes gegen diese Verschiedenheit in der Ausführung der Anschlussanlagen wegen grundsätzlicher Bedenken nicht Einspruch erhebt.

Bei den elektrischen Strassenbahnen, die meist mit 300 und 500 Volt Spannung von einer besonderen Kraftzentrale betrieben werden, ist für die Waggonbeleuchtung die Hintereinanderschaltung von 3 und 5 Glühlampen von je 100 Volt Spannung üblich.

Ähnlich verhält es sich mit den sogenannten „Kerzenlampen“, welche gewöhnlich da in Anwendung kommen, wo Beleuchtungskörper wie Kronen, Wandarme mit kerzenförmigen Aufsätzen oder auch mit wirklichen Kerzenhaltern für elektrisches Licht umgeändert werden sollen.

Auch für Dekorationszwecke wird sehr häufig die farbige Kerzenlampe Verwendung finden.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin, fabriziert kleine Kerzenlämpchen mit 4 und 6 Nk. Lichtstärke, erstere für Spannungen von 18 bis 26 Volt, letztere für Spannungen von 30 bis 38 Volt. Bei 110 Volt Netzspannung wären demnach von den 4kerzigen Lampen etwa 4 bis 6 Lampen, von den 6kerzigen etwa 3 bis 4 Lampen, je nach Lampenspannung, in Hintereinanderschaltung zu betreiben.

Spezialschaltungen.

Als bemerkenswerte Spezialschaltungen sind zu erwähnen:

1. Die in Fig. 77 dargestellte Wechselschaltung. Diese Schalteinrichtung soll bezwecken, eine Glühlampe oder eine Gruppe von Glühlampen von zwei beliebigen von ein-

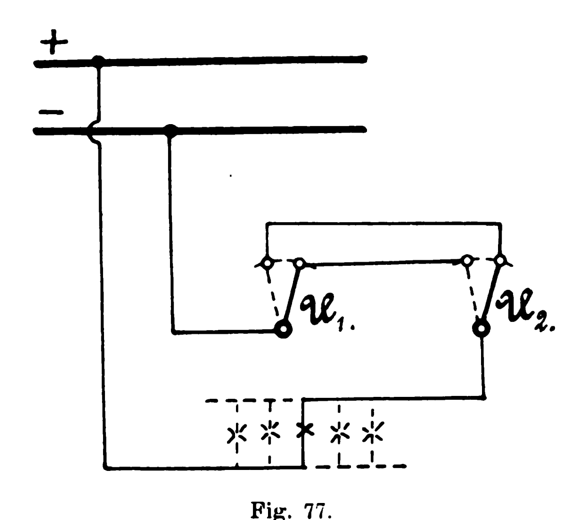


Fig. 77.

ander entfernt liegenden Umschaltstellen „U_1" und „U_2" sowohl ein- als auch ausschalten zu können. Diese Wechselschaltung empfiehlt sich für Hotel-, Fremden- und Schlafzimmerbeleuchtung; auch für Treppen- und Korridorbeleuchtung wird man sie bisweilen gebrauchen können.

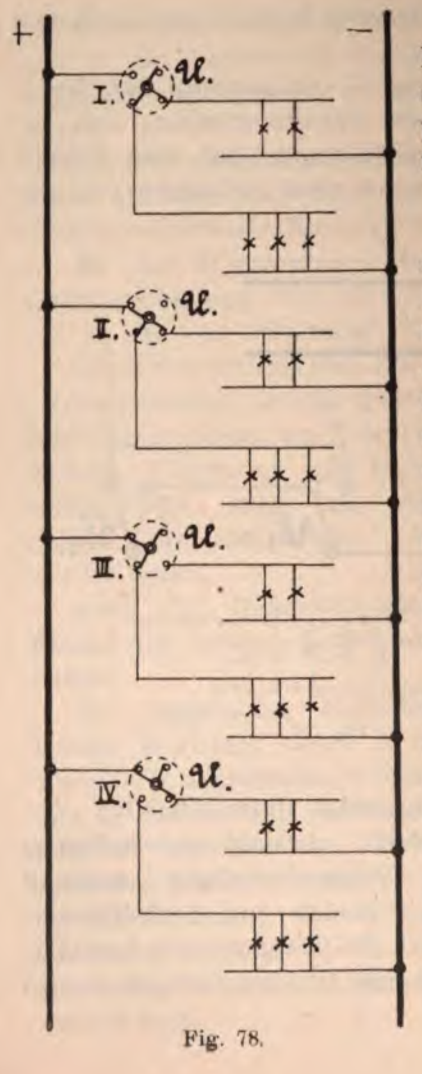


Fig. 78.

2. Die in Fig. 78 dargestellte Gruppenschaltung ist eine Schalteinrichtung, welche bezweckt, von einer Lampengruppe, welche man in zwei Teile geteilt hat, entweder den einen Teil oder den anderen Teil oder beide Teile gleichzeitig betreiben zu können. Diese Gruppenschaltung findet für mehrflammige Kronen sehr häufig Verwendung. Für eine fünfflammige Krone würde sich der Bedienungshergang nach unserer schematischen

Darstellung bei Rechtsdrehung des Umschalters „U" folgendermassen abwickeln:

Stellung. I. Ausschaltestellung.
Stellung II. Alle fünf Lampen brennen.
Stellung III. Drei Lampen brennen.
Stellung IV. Zwei Lampen brennen.

Die nächste Stellung bei weiterem Rechtsdrehen des Schalters ist wieder die Ausschalte-

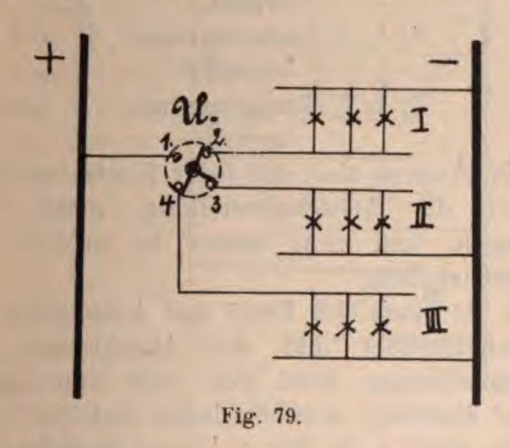


Fig. 79.

stellung I, in welcher sämtliche Lampen stromlos sind.

3. Dieselbe Gruppenschaltung für drei Lampengruppen ist in Fig. 79 gegeben. In der gezeichneten Stellung sind die Kontakte 2, 3 und 4 durch den ebenfalls dreischenkelig ausgebildeten Schalthebel unter einander verbunden. Diese Stellung ist, weil die Verbindung

mit dem anderen Pol unterbrochen ist, wie in Fig. 78, die Ausschaltestellung. Es folgen also bei Rechtsdrehung des Umschalthebels durch Zusammenschluss der entsprechenden drei Kontakte folgende Stellungen auf einander:

Kontakt 2, 3, 4 alle drei Lampengruppen sind stromlos.
„ 3, 4, 1 Lampengruppe II und III brennt.
„ 4, 1, 2 Lampengruppe I und III brennt.
„ 1, 2, 3 Lampengruppe I und II brennt.

Es brennen also auf jeder Kontaktstellung, ausser der Ausschaltestellung, stets zwei Gruppen, und zwar immer in anderer Zusammenstellung.

4. Je nach der Form und Ausbildung des Umschalthebels und des Anschlusses der Stromzuführung lässt sich noch eine ganze Reihe ähnlicher Kombinationen erzielen.

So stellt z. B. Fig. 80 eine ähnliche Umschalteinrichtung mit einem ganz einfach ausgebildeten Schalthebel dar.

Auf Kontakt 1 ist Ausschaltestellung.
„ „ 2 brennt Gruppe I.
„ „ 3 „ „ II.
„ „ 4 „ „ III.

Hat man statt dessen nur zwei Lampengruppen, die abwechselnd, entweder die eine

oder die andere, brennen sollen, so kann man diese wie Gruppe I und III ausschliessen, wodurch man jeweilig Ausschaltekontakt mit Einschaltekontakt einer der beiden Gruppen abwechselnd erhält.

Auch diese Schaltung wird sich bisweilen für Hotel- und Fremdenzimmer empfehlen.

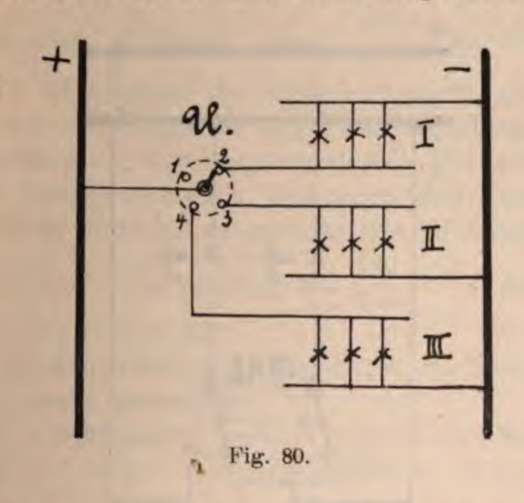


Fig. 80.

5. Es ist ferner eine Umschaltvorrichtung zur Verdunkelung von Glühlampen, z. B. für Krankensäle zu erwähnen.

Die gewöhnlichen Dunkelschalter haben in ihrem Innern einen Vorschaltwiderstand untergebracht, welcher, um ein dunkleres Leuchten der Lampe zu bewirken, dieser vorgeschaltet wird, wodurch die der Lampe zugeführte

Energie und damit ihre Leuchtkraft vermindert wird.

Die Umschaltung Fig. 81 bezweckt eine Verdunkelung der Lampen durch Hintereinanderschaltung. Für eine einzelne Lampe ist sie indessen nicht anwendbar. Der doppelpolige Umschalter

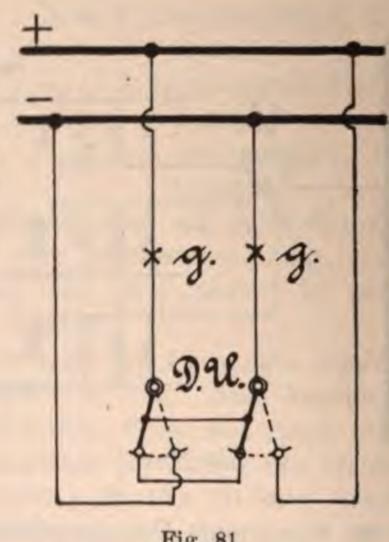


Fig. 81.

„D.U." schaltet die beiden Glühlampen *„g g"* in der Rechtsstellung mit ihrer normalen Leuchtkraft parallel zu einander an das gleiche Lichtleitungsnetz; in der Linksstellung sind beide Glühlampen hinter einander an das gleiche Lichtnetz geschaltet. Der Energieverbrauch

der Lampen wird hierdurch auf den vierten Teil des normalen reduziert, wodurch die Verdunkelung erzielt wird.

Eine 16kerzige Glühlampe mit 55 Watt Energieverbrauch erfordert z. B. bei 110 Volt Betriebsspannung 0,5 Ampère Stromstärke, der Widerstand des Fadens beträgt danach im glühenden Zustande etwa $\frac{110}{0,5} = 220$ Ohm. Zwei Glühlampen in Hintereinanderschaltung würden ceteris paribus einen Gesamtwiderstand von etwa 440 Ohm repräsentieren. Der Strom- und Energieverbrauch berechnet sich danach für zwei hintereinandergeschaltete Glühlampen von 16 Nk. Lichtstärke auf $\frac{110}{440} = 0,25$ Amp.; $0,25 \cdot 110 = 27,5$ Watt.

Es stehen sich also hinsichtlich des Energieverbrauchs gegenüber:

a) 2 Glühlampen parallel $2 \times 55 = 110$ Watt
b) 2 „ hintereinander $= 27,5$ „

6. In Fig. 82 ist eine Treppenbeleuchtung für ein vierstöckiges Gebäude gegeben. Im Parterre „*P*“ und im vierten Stock *IV* ist ein einpoliger Umschalter „*U*“, in den übrigen Etagen I—III sind doppelpolige Umschalter „*D U*“ anzubringen. Das Licht (sämtliche Treppenlampen) kann von jeder Etage beliebig ein- und ausgeschaltet werden.

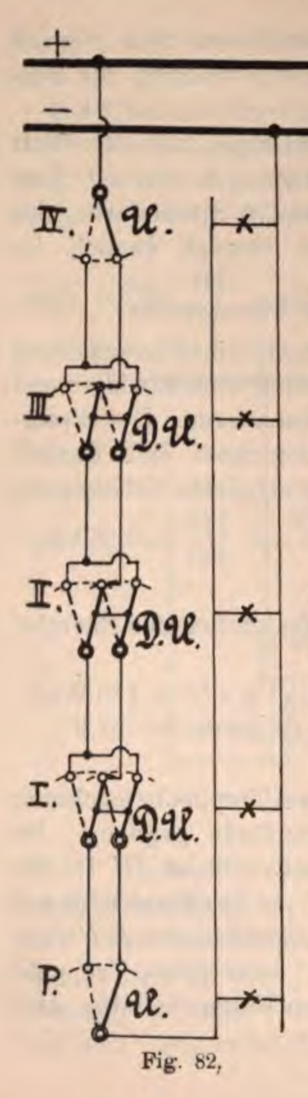


Fig. 82,

Diese Umschalteinrichtung empfiehlt sich namentlich als Nachtbeleuchtung für das Treppenhaus. Es kommt bei dieser Schalteinrichtung aber bisweilen vor, dass es vergessen wird, das Licht bei Eintritt in die Wohnung wieder auszuschalten. Dies zu vermeiden, wendet man anstelle der vorerwähnten Treppenbeleuchtung, speziell für die nächtliche, intermittierende Treppenbeleuchtung, meist sogenannte „Zeitkontakte“ bezw. „Drei- oder Fünfminutenkontakte“ an. Die Einschaltung der Treppenbeleuchtung geschieht hierbei durch einen Thürkontakt beim Öffnen der Hausthür. Der Zeitkontakt schaltet die Beleuchtung nach Ablauf von drei oder fünf Minuten,

je nach Einstellung, wieder selbstthätig aus. Es sind in der Regel auf jeder Etage bei dieser Art von intermittierender Treppenbeleuchtung Kontakte angebracht, welche es ermöglichen, die Beleuchtung nach Bedarf nochmals um weitere drei bis fünf Minuten einschalten zu können.

Alle diese aufgeführten Spezialschalter sind ebenso wie die a. a. O. genannten Ausschalter für einzelne Glühlampen sowie für Gruppen bis zu 10 Glühlampen Drehschalter in Dosenform, die sich in mehr oder weniger eleganten und geschmackvollen Ausführungen überall anbringen lassen. Selbst in den elegantesten Räumen werden sie in entsprechender Ausstattung kaum störend wirken.

Ausführungsformen der Glühlampe.

Der evakuierte Glasballon der Glühlampen besitzt für gewöhnlich die Birnenform, weshalb in Vorstehendem auch bisweilen kurzweg von der Glasbirne die Rede war; er wird aber auch für spezielle Zwecke in allen erdenklichen anderen Formen ausgeführt, so z. B. in Kugel-, Kegel-, Zylinder-, Röhren-, der a. a. O. bereits erwähnten Kerzenform u. dergl. mehr. Ebenso ist das für die Glasballons verwendete Glas den verschiedenen Verwendungszwecken entsprechend entweder Hellglas, Mattglas oder Buntglas.

Die mattierten Glasbirnen haben vor denen aus Hellglas den Vorzug, dass das Auge nicht

die direkte Einwirkung des leuchtenden Kohlenfadens erleidet, das Licht wird mehr zerstreut (gleichmässig verteilt) und dadurch dem Auge angenehmer. Die Lichtintensität der Lampe wird durch das mattierte Glas nur unerheblich vermindert.

Bunte Lampen werden entweder aus buntem Glase hergestellt, oder aus Hellglas, das mit einem farbigen Überzug versehen wird. Die Farben der letzteren Art sind zwar nicht so widerstandsfähig wie die der ersteren, lassen sich aber leicht erneuern und gestatten vor allen Dingen eine feinere Abtönung der Farben.

Um das Licht auf bestimmte Stellen zu konzentrieren, werden auch Glasballons in jeder beliebigen Form mit reflektierendem Spiegelbelag hergestellt.

4. Abschnitt.

Elektrische Anlagen.

Die elektrischen Anlagen stellen sich zusammen aus den beiden Hauptteilen: Allgemeines.

A. dem mechanischen Teil,

B. dem elektrischen Teil.

Der mechanische Teil umfasst die Betriebsmotore und die Triebwerkszwischenglieder. Der elektrische Teil umfasst die Dynamo- und Akkumulatorenanlage, die Schaltanlage und das Leitungsnetz.

Die an der Achse des Betriebsmotors — sei es durch Wasserkraft, Dampfkraft oder Gaskraft — erzeugte mechanische Energie wird entweder in direkter Kuppelung oder durch Seil- und Riemenübersetzungen, bisweilen über ein Transmissions-Vorgelege als Zwischenglied, auf die Dynamoachse übertragen, wodurch in der Dynamo selbst, wie wir in Band I, 1. Abschnitt, gesehen haben, die mechanische Energie des Betriebsmotores in elektrische Energie umgesetzt wird.

In denjenigen elektrischen Anlagen, in welchen die Dynamomaschine, wie z. B. in verschiedenen maschinellen Fabrikbetrieben, nicht direkt von der Dampfmaschine oder einem anderen Betriebsmotor, sondern von der vorhandenen Fabriks-Transmissions-Anlage angetrieben wird, kommt der Betriebsmotor für die elektrische Anlage unmittelbar zunächst nicht in Betracht, vorausgesetzt, dass die vorhandene Transmission mit den Betriebszwischengliedern alle Bedingungen erfüllt, welche ein regelrechter und zuverlässiger elektrischer Betrieb erfordert. Die Hauptbedingung ist in allen Fällen konstante Tourenzahl. Diese muss natürlich in erster Linie von dem Betriebsmotor erfüllt sein.

Die in der Dynamo erzeugte elektrische Energie wird durch die Maschinenkabel der Schalttafel zugeführt. Auf der Schalttafel sind die für den Betrieb erforderlichen Messinstrumente, Schalt- und Regulierapparate für die Kontrole, Regulierung und Verteilung der elektrischen Energie in zweckmässiger und übersichtlicher Weise anzuordnen. Durch die Schalttafel wird die Überführung des elektrischen Stromes von der Dynamo in das mehr oder weniger verzweigte Leitungsnetz vermittelt, sowie auch die Verbindung mit der etwa aufzustellenden Akkumulatorenbatterie hergestellt.

An das Leitungsnetz für Beleuchtungsanlagen werden die elektrischen Lampen in

den verschiedenen, im vorhergehenden Abschnitt näher erläuterten Schaltungsanordnungen angeschlossen. Für Kraftübertragungsanlagen werden statt der Lampen Elektromotore zum Antriebe von Arbeitsmaschinen aller Art an das Leitungsnetz angeschlossen.

Man könnte deshalb die elektrischen Anlagen auch in Beleuchtungsanlagen und Kraftübertragungsanlagen einteilen. Da aber sehr viele Beleuchtungsanlagen, ja sogar die meisten grösseren Anlagen neben der Beleuchtung auch Elektromotoren im Leitungsnetz betreiben, so sei in Nachfolgendem von dieser Einteilung Abstand genommen. Erwähnt sei nur, dass für reine Kraftübertragungsanlagen, welche den gleichzeitigen Betrieb von Lampen in demselben Leitungsnetz ausschliessen, unter gewissen Umständen bisweilen vorteilhaftere Betriebsspannungen gewählt werden könnten, als sie den Beleuchtungszwecken dienlich sein würden.

Eine Einteilung der elektrischen Anlagen in Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlagen dürfte mit Rücksicht auf die vielseitige Anwendung des elektrischen Stromes nicht zweckmässig und auch nicht ausreichend erscheinen, denn ausser für Beleuchtungs- und motorische Zwecke findet der elektrische Strom und zwar sehr häufig aus ein und demselben Leitungsnetz ebensowohl Verwendung, z. B. für thermische

Zwecke, wie elektrische Heiz-, Koch-, Schmelz- und Schweissanlagen u. a. m. Auch sei an dieser Stelle der galvanoplastischen und elektrolytischen Anlagen für Metallniederschlag und Reinmetallgewinnung gedacht. Eine spezielle eingehende Behandlung aller dieser verschiedenen Anwendungsgebiete des elektrischen Stromes würde den diesem Buch gesteckten Rahmen überschreiten. Den wichtigsten Anwendungsgebieten, der elektrischen Beleuchtung und der elektrischen Kraftübertragung, soll im Nachstehendem für die Einführung in diese Materie und für das weitere Verständniss in ausreichendem Masse Rechnung getragen werden.

A. Mechanischer Teil.

a) Betriebsmotore.

Als Betriebsmotore für elektrische Anlagen eignen sich alle Kraftmaschinen, welche auf Konstanthaltung der Tourenzahl auch bei wechselnder Belastung mit grösstmöglicher Akkuratesse regulieren. Es kommen deshalb für den Betrieb elektrischer Anlagen hauptsächlich in Betracht:

1. Gaskraftmaschinen (Gas-, Petrol- und Benzinmotore),
2. Dampfkraftmaschinen (Zylindermaschinen und Dampfturbinen),

3. Wasserkraftmaschinen (Präzisions-Wasserräder und Turbinen).

Gaskraftanlagen.

Für Betriebe bis zu 10 oder 15 PS., eventuell auch bis zu 20 PS., ist der Dampfmaschinenbetrieb unrationell und dem Gasmotorbetrieb gegenüber auch meist viel zu umständlich. Aus diesem Grunde wird man für den Betrieb kleiner elektrischer Anlagen unter 20 PS. mit eigener Betriebsmaschine in den meisten Fällen vorteilhafter eine Gaskraftmaschine wählen.

Ist eine Gasanstalt am Platze, so wird man einen Gasmotor wählen, diesen an das allgemeine Gasleitungsnetz anschliessen und mit Leuchtgas betreiben. Um benachbarte Gasbeleuchtungsanlagen durch den Betrieb des Gasmotors nicht nachteilig zu beeinflussen, sind in die Zuleitung zum Motor Gasdruckregulatoren einzuschalten.

Der Gasverbrauch beträgt bei kleineren Motoren, etwa bis zu 5 PS. eff.*) ca. 1 m^3 pro

*) Man unterscheidet bei den Kraftmaschinen: effektive Leistung in Pferdestärken (PS. eff.), d. i. die wirkliche Leistung, und indizierte Leistung in Pferdestärken (PS. ind.), d. i. die theoretische Leistung der in der Maschine wirkenden Kräfte. Die Differenz zwischen beiden ist der Verlust in der Maschine selbst; dieser ist bestimmend für den Nutzeffekt bezw. für den Wirkungsgrad der Maschine.

effektive Pferdekraft und Stunde, bei Motoren von 5 bis 10 PS. eff. ca. 0,8 m³, und sinkt für grössere Motore sogar bis auf 0,5 m³ pro Pferdekraftstunde. In demselben Masse wie der Gasverbrauch bei grösseren Motormodellen sich vermindert, erhöht sich naturgemäss der Wirkungsgrad derselben.

Neben den mit Leuchtgas betriebenen Gasmotoren hat man auch Gasmotoranlagen mit eigener Gaserzeugung eingerichtet (Kraftgas, Generatorgas, Dawsongas). Es sei dahingestellt, ob solchen Anlagen der Betrieb mit Petrol- oder Benzinmotoren nicht vorzuziehen ist. Es ist dies von Fall zu Fall unter vergleichender Erwägung aller hierfür in Betracht kommenden Momente leicht zu entscheiden. Ein Hauptvorteil der Gasmotoranlagen mit eigener Gasfabrikation liegt in ihrer Wirtschaftlichkeit, d. h. in der ausserordentlich günstigen Ausnützung des Brennmaterials. Das Generator- oder Kraftgas wird zumeist aus Anthracit oder aus Koks hergestellt. Der Verbrauch an Brennmaterial stellt sich für die Pferdekraftstunde:

bei Anthracit auf etwa 0,5—0,7 kg
„ Koks „ „ 0,7—1 „

Die Anschaffungskosten einer Gasmotoranlage mit eigener Gasfabrikation kommen ungefähr denjenigen einer Dampfkraftanlage gleich.

Die Kraftgasanlagen kommen namentlich für Orte ohne Gasanstalt in Betracht, für welch letztere man, wie schon erwähnt, ausser den mit Kraftgas betriebenen Gasmotoren noch die Wahl zwischen Petrol- und Benzinmotoren hat.

Die Benzinmotore sind den Petrolmotoren, was Sauberkeit und Geruchlosigkeit anbetrifft, vorzuziehen; das Betriebsmaterial ist dagegen für die ersteren teurer als für die letzteren.

An Stelle des Benzins verwendet man deshalb häufiger Benzol, welches im Preise etwa dem Petroleum (russischen oder amerikanischen Petroleum) gleichsteht.

Der Verbrauch an Petroleum oder Benzin beträgt bei kleineren Motoren etwa 0,5 bis 0,7 kg, bei grösseren Motoren etwa 0,35 bis bis 0,5 kg pro Pferdekraftstunde.

Alle Gasmotore sind Explosionsmaschinen, d. h. ihre Wirkungsweise basiert auf dem gleichen Prinzip der Ausnutzung der Expansivkraft des im Motorzylinder explodierenden Gasgemisches. Die durch diesen Vorgang notwendigerweise hervorgerufene Erwärmung des Motors, speziell des Zylinders und der diesem benachbarten Teile, wird durch ständige Wasserkühlung nach Möglichkeit wieder aufgehoben. Die Kühlanlage ist deshalb ein wichtiger Bestandteil aller Gaskraftanlagen. Die pro PS. eff. und Stunde erforderliche Kühl-

wassermenge beträgt 40 bis 50 l oder, was dasselbe sagen will, 40 bis 100 l pro m^3 Gasverbrauch.

Vor den Dampfmaschinenanlagen haben die Gaskraftmaschinen noch den Vorteil voraus, dass die Aufstellung derselben zum Betriebe nicht wie jene der behördlichen Konzessionspflicht unterliegt.

Die Inbetriebsetzung der Gaskraftmaschinen erfordert besonders bei grossen Motoren einen nicht unerheblichen Kraft- und Arbeitsaufwand seitens des Maschinisten. Grössere Gaskraftmaschinen erhalten deshalb meist einen besonderen kleinen Motor, welcher lediglich die Inbetriebsetzung des grösseren Motors zu bewerkstelligen hat. Wird der Gasmotor zum direkten Antrieb einer Dynamomaschine, sei es in direkter Kuppelung oder durch Riemenübersetzung, für eine elektrische Beleuchtungsanlage benutzt, welche mit einer Akkumulatorenbatterie ausgerüstet ist, so kann man die Inbetriebsetzung des Gasmotors durch die Dynamo unter Anwendung einer besonderen Schaltung bewirken. Die Dynamo würde für die kurze Zeitspanne der Inbetriebsetzung des Gasmotors von der Akkumulatorenbatterie als Motor betrieben werden. Ist die Inbetriebsetzung des Gasmotors erfolgt, dann wird die Dynamo wieder als Generator durch Umschaltung auf das Beleuchtungsnetz betrieben (vergl. Bd. I Seite 104—106).

Die Gasmotorenfabrik Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover hat für die Inbetriebsetzung grösserer Motorenmodelle ein Ladeventil mit Druckluftkessel vorgesehen, deren Anordnung am Motor es ermöglicht, die beim Abstellen, d. h. beim Stillsetzen des Motors, in dem Schwungrad noch vorhandene Kraft, also das Trägheitsmoment oder das Beharrungsvermögen des zur Ruhe gelangenden Schwungrades für die Ladung des Druckluftkessels auszunützen, so dass diese Ladung ohne irgend welche Verluste, d. h. besonderen Arbeitsaufwand erfolgt.

Dampfkraftanlagen.

Der bei Weitem wichtigste und verbreitetste Betriebsmotor für elektrische Anlagen sowohl wie überhaupt für alle Kraftanlagen über 20 PS. ist die Dampfmaschine. Die vorerwähnte Dampfturbine hat speziell für den Antrieb von Dynamomaschinen, für welchen sie bisweilen in direkter Kuppelung Verwendung findet, eine mehr untergeordnete Bedeutung und kommt eigentlich nur für solche Anlagen in Frage, in denen Platzmangel die Wahl der Betriebsmaschine in hohem Masse beeinflusst; denn die Dampfmaschine — das unterliegt keinem Zweifel — arbeitet ökonomischer, obschon die moderne Dampfmaschinentechnik auch Dampfturbinen von vorzüglichem Wir-

kungsgrade, der demjenigen der Dampfmaschinen nur wenig nachsteht, auf den Markt gebracht hat.

Die Dampfmaschinenanlage besteht gemeinhin aus zwei Hauptteilen:

1. dem Dampfkessel,
2. der Dampfmaschine.

Das verbindende Glied zwischen beiden ist die Rohrleitungsanlage mit den für die Kesselspeisung erforderlichen Pumpen, Injektoren usw.

Eine Abart der gewöhnlichen Dampfmaschinenanlagen stellt die Lokomobile dar. Die Lokomobile ist eine konstruktiv zusammengedrängte Anordnung der zu einem Element vereinigten beiden Aggregate stationärer Dampfmaschinenanlagen, nämlich des Dampfkessels und der Dampfmaschine. Man unterscheidet, obschon das im Widerspruch mit der Bezeichnung „Lokomobile“ steht, transportabele (fahrbare) und stationäre (feststehende) Lokomobilen. Beide, insbesondere aber die letzteren, kommen für den Betrieb elektrischer Anlagen in Betracht. Abgesehen von den durch die kompendiöse Bauart bedingten Eigentümlichkeiten der Lokomobile, wie namentlich der geringere Raumbedarf derselben und die grössere Übersichtlichkeit des ganzen Betriebsapparates, ist ihre Betriebs- und Wirkungsweise durchaus übereinstimmend mit

derjenigen der gewöhnlichen stationären Dampfmaschinenanlagen mit getrennten Aggregaten. Im Hinblick auf die allgemeine Verbreitung der letzteren, hauptsächlich aber in Anbetracht der Bedeutung derselben für elektrische Anlagen grösseren Umfanges ist eine nähere Betrachtung der Betriebsverhältnisse und Betriebsergebnisse des Dampfkessels und der Dampfmaschine sowohl in ihren Einzelleistungen als auch ihres Zusammenwirkens nicht zu umgehen.

Dampfkessel.

Unter den verschiedenen Kesselkonstruktionen sind für elektrische Anlagen besonders zwei konstruktiv von einander wesentlich abweichende Systeme hervorzuheben, welche auch als typische Repräsentanten einer grösseren Anzahl mehr oder weniger ähnlicher Konstruktionen gelten können. Es sind dies:

1. Der Flammrohrkessel (mit einem oder zwei Flammrohren ev. mit Quersiedern.
2. Der Röhrenkessel (Wasserröhrenkessel und Feuer- oder Heizröhrenkessel).

Der Flammrohrkessel verbindet mit dem Vorzug einer relativ guten Ausnutzung der Heizfläche leichte Zugänglichkeit aller seiner Teile. Der Röhrenkessel dagegen empfiehlt sich mit seiner ungleich grösseren Heizfläche hauptsächlich für solche Anlagen, in denen rücksichtlich der Betriebsverhältnisse

auf schnelle Dampferzeugung das Hauptgewicht gelegt wird.*)

Auf einen ordnungsmässigen Dampfkesselbetrieb ist das zu verwendende Kesselspeisewasser von nicht zu unterschätzendem Einfluss, denn ein ungeeignetes, unreines Wasser kann durch übermässige Schlamm- und Kesselsteinbildung leicht zu allen möglichen Störungen im Betriebe des Dampfkessels Veranlassung geben.

Das zur Kesselspeisung zu verwendende Wasser soll weich, d. h. nicht zu kalkhaltig, vor allen Dingen aber nicht säure- und salzhaltig sein. Im Wasser kommen z. B. neben anderen Substanzen geringe Mengen von Sal-

---

*) Von einer Beschreibung der verschiedenen Kesselsysteme, sowie auch der verschiedenen Dampfmaschinensysteme, die dem Zweck des Buches, als spezifisch elektrotechnisches Informationsbuch, nicht entsprechen würde, muss Abstand genommen werden. Aus der Litteratur mögen über diesen Gegenstand folgende Werke empfohlen sein:

H. Reiche. Anlage und Betrieb der Dampfkessel. Leipzig 1872.

Herm. Häder. Die Dampfmaschinen. Düsseldorf 1890.

Th. Schwartze. Dampfkessel und Dampfmaschinen. Leipzig, 4. Auflage.

Über Gasmotoren ist zu empfehlen:

G. Lieckfeld. „Aus der Gasmotorenpraxis“. Verlag von Oldenburg, München und Leipzig.

Ferner von demselben Verfasser:

„Die Petroleum- und Benzinmotoren.“ Leipzig 1894.

peter- und Schwefelsäure, Chlor u. s. w. vor. Die äusserste Härte für Wasser, welches zur Kesselspeisung benutzt werden soll, darf 20° nicht überschreiten, d. h. 100000 Wasserteile sollen nicht über 20 Teile Kalk oder Gyps ausfweisen. Der Verwendung des Wassers zur Kesselspeisung soll möglichst eine Prüfung des Wassers durch einen Sachverständigen vorausgehen. Bei unreinem Kesselspeisewasser wendet man sogenannte Wasserreiniger an; es sind dies mehr oder weniger umfangreiche Apparate, welche durch Filtration unter Zusatz geeigneter Chemikalien, wie Ätzkalk, Ätznatron, Soda, das Wasser für den Dampfkesselbetrieb gebrauchsfähig machen. Sehr zweckmässig konstruierte Wasserreinigungsapparate sind u. a. die bekannten patentierten Dervaux'schen Wasserreiniger, auch die auf dem gleichen Prinzip basierenden Nuss'schen Patente sind hier zu erwähnen.

Die Kardinalfrage für alle Dampfmaschinenanlagen bildet das Brennmaterial, als solches steht obenan die Steinkohle. Neben der Steinkohle kommt aber Koks, Braunkohle, Torf, Holz, in Sägewerken Holzabfälle, ja sogar Sägespäne als Brennmaterial in Betracht.

Den höchsten Brennwert oder Heizwert besitzt die Steinkohle. Unter Brennwert oder Heizwert versteht man die spez. Wärmeentwickelung des betr. Brennmaterials, d. i. die pro

1 kg Brennmaterial erzeugte Wärmemenge in Kalorien.*)

Nachstehende Tabelle giebt den ungefähren Heizwert der verschiedenen Brennmaterialien in Kalorien an:

Brennmaterial	Heizwert pro 1 kg Brennmaterial in Kalorien	
	theoretisch	effektiv
Steinkohle, mittl. Qualit.	7000	5300
Koks	7000	5000
Braunkohle	3200	2000
Torf	2500	1500
Holz	2700	1500

1 kg Steinkohle von mittlerer Qualität (mittlerem Heizwert) verdampft im Flammrohrkessel mit Planrost im Mittel 6—7 kg, im Röhrenkessel etwa 9 kg Wasser von 10° C. auf einen mittleren Druck von 6—10 At.**)

*) Eine (Kilogramm-) Kalorie nennt man diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, 1 kg. Wasser von 0° C. auf 1° C. zu erwärmen.

**) Unter Atmosphäre (At.) versteht man den Druck von 1 kg auf die Flächeneinheit von 1 cm². Dieser Wert ist abgeleitet von dem atmosphärischen Luftdruck, welcher bekanntlich in unseren Breitengraden einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe = einer Wassersäule von 10,33 mm Höhe das Gleichgewicht hält, was theoretisch einem Druck von 1,033 kg pro 1 cm² entspricht. In der Praxis rechnet man rund: 1 At. = 1 kg pro 1 cm².

Die gebräuchlichen Betriebsspannungen liegen für stationäre Dampfkraftanlagen zwischen 6—10 At. Der als Betriebsspannung festgesetzte Dampfdruck soll ein feststehender und und besonders für elektrische Anlagen möglichst unveränderlicher Betriebsfaktor sein; denn sollen die Dampfmaschinen die Hauptforderung, Konstanthaltung der Tourenzahl erfüllen, so muss in erster Linie auf möglichst konstante Dampfspannung gehalten werden.

Den Wert des pro 1 kg Brennmaterial verdampften Wasserquantums, bezw. den pro 1 kg Brennmaterial erzeugten Dampf in kg, was dasselbe sagen will, nennt man die nutzbare Verdampfung.

Dieser Verdampfungswert beträgt für:

a) Amerikanische Steinkohle	6,4	bis	9,6
b) Englische Steinkohle	6,2	„	9,1
c) Preussische Steinkohle	6,9	„	9,1
d) Sächsische Steinkohle	8,0	„	8,3

Die Leistungsfähigkeit eines Dampfkessels wird nach der Grösse seiner Heizfläche in m^2 bestimmt; pro 1 m^2 Heizfläche kann man stündlich 12 bis 15 kg Wasser verdampfen. Es ist aber hierbei wohl zu beachten, dass der höheren Dampferzeugung pro 1 m^2 Heizfläche meist auf der andern Seite eine geringere nutzbare Verdampfung, d. h. eine schlechtere Ausnutzung des Brennmaterials, gegenübersteht.

Dampf-maschinen.

Die Dampfmaschinen teilt man hinsichtlich der Anzahl der hinter einander geschalteten Dampfzylinder ein in:

1. Einzylindermaschinen,
2. Compoundmaschinen (mit zwei Zylindern).
3. Triplex - Compoundmaschinen (mit drei Zylindern).

Kleinere Maschinen bis zu 50 PS aufwärts sind in der Regel Einzylindermaschinen, die grösseren Modelle über 50 PS sind Compoundmaschinen mit zwei Zylindern, Hoch- und Niederdruckzylinder; die grössten Maschinen werden aber fast ausschliesslich als Triplex - Compoundmaschinen gebaut.

Sehr häufig trifft man auch Maschinen mit zwei parallel geschalteten Zylindern an; diese Maschinen, die sogenannten Zwillingsmaschinen, sind eigentlich zwei selbständige, direkt gekuppelte oder auf eine gemeinschaftliche durchgehende Welle arbeitende Einzylindermaschine.

Bei Vorhandensein genügender Wassermengen, z. B. bei in der Nähe des Maschinenhauses vorhandenem fliessenden Wasser (wie Flüsse, Gräben, Kanäle usw.), wird man Maschinen über 50 PS. immer sehr vorteilhaft mit Kondensation als Kondensationsmaschinen betreiben.

Man kann übrigens jede Dampfmaschine durch Anbau eines Kondensators nachträglich

in eine Kondensationsmaschine umwandeln. Der Effekt, der durch die Kondensationsanlage für die Maschine erzielt wird, ist ungefähr der gleiche, als wenn man die Dampfspannung um 1 At. erhöhen würde. Die Maschinenleistung wird dadurch ungefähr um 10 bis 15 pCt. erhöht, oder es tritt, falls man von einer Erhöhung der Maschinenleistung absieht, eine Dampf- bezw. Kohlenersparnis von 10 bis 20 pCt. ein.

Die erforderliche Einspritzwassermenge für die Kondensationsanlage beträgt 0,65 bis 0,85 m^3 pro PS. und Stunde, also ungefähr das 25- bis 30 fache des Speisewasserquantums.

Selbst für Dampfmaschinenanlagen, bei denen die Wasserbeschaffung, sei es durch anzulegende Wasserleitungen oder Brunnen-Anlagen, etwas umständlicher und auch kostspieliger ist, wird man sich doch noch sehr häufig wegen der für grössere Kraftanlagen damit verbundenen Ersparnisse entschliessen, die Dampfmaschinen mit Kondensation zu betreiben (Triplex-Compoundmaschinen werden stets mit Kondensation betrieben). Das von der Kondensation abfliessende „teuere“ Wasser wird dann in solchen Fällen zur Abkühlung über ein Kühl- oder Gradierwerk geleitet, in geeigneten grossen Reservoiren mit Kiesfilter von Öl und grobem Schmutz gereinigt und so wieder für die Kondensation verwendbar gemacht. Ein für solche Zwecke brauchbarer und ziemlich bekannter Kühlapparat

ist z. B. der Balcke'sche Kaminkühler, oder der Kaminkühler „Patent Zschocke" u. a. m.

Kleinere Dampfmaschinenanlagen unter 50 PS., für welche sich die Einrichtung einer Kondensationsanlage weniger vorteilhaft gestalten würde, kann man statt dessen mit einem Speisewasser-Vorwärmer ausrüsten. Die Vorwärmung des Kesselspeisewassers geschieht durch den Abdampf der Maschine, der hierbei ebenfalls kondensiert wird. Durch diesen Vorwärmer wird immerhin eine Brennmaterialersparnis von etwa 10 pCt. erzielt.

Der Dampfverbrauch pro Pferdekraftstunde stellt sich für die verschiedenen Dampfmaschinen ohne Kondensation etwa folgendermassen:

1. Einzylindermaschinen . . . . 12—25 kg
2. Compoundmaschinen . . . . . 7—16 „
3. Triplex-Compoundmaschinen . 6— 8 „

Danach beträgt der ungefähre Kohlenverbrauch pro Pferdekraftstunde, unter Berücksichtigung der früheren Ausführungen, für:

1. Einzylindermaschinen . . . . 2—4 kg
2. Compoundmaschinen . . . . . 1—2 „
3. Triplex-Compoundmaschinen . 0,75—1 „

Diese Werte sind mit Sicherheitszuschlag gerechnete gute Mittelwerte, die für die verschiedenen Maschinen wohl erreicht werden dürften. Grössere Kondensationsmaschinen moderner Konstruktion mit entsprechend guter

Kesselanlage können eventuell auch einen Kohlenverbrauch pro Pferdekraftstunde von nur 0,6 kg und weniger erzielen. Die Geschicklichkeit des Kesselwärters oder des beaufsichtigenden Maschinisten ist schliesslich auf den Kohlenverbrauch nicht ohne Einfluss.

Von besonderem Einfluss aber ist immer die Qualität der zu verfeuernden Steinkohle.

Der Nutzeffekt oder Wirkungsgrad der Dampfmaschinen beträgt für kleinere Maschinen 65—75 pCt., für grössere 75—85 pCt. Er ergiebt sich aus dem Verhältnis $\frac{\text{effektive Leistung}}{\text{indizierte Leistung}}$.

Die effektive Leistung wird durch Brems- oder Dynamometer-Versuch, die indizierte Leistung durch Indikatorversuch ermittelt.

Die Leistung einer Dampfmaschine wird im allgemeinen ausgedrückt durch Dampfdruck, Tourenzahl und Zylinderabmessungen. Eine für die Praxis gebräuchliche Formel ist:

$$Ne = \frac{P \cdot q \cdot v}{75} \eta,$$

worin:

Ne = Anzahl Pferdestärken in PS. eff.

P = mittlere, auf den Kolben wirkende Dampfspannung in kg (d. i. das aus dem Diagramm zu entnehmende arithmetische Mittel zwischen Admissions- und Emissionsspannung).

q = Kolbenfläche in cm^2.

v = Kolbengeschwindigkeit in m pro Sekunde (d. i. $2\,\frac{\text{Hub} \times \text{Tourenzahl p. Min.}}{60}$).

75 = Divisor für die Pferdestärke (75 kgm. p. Sek. = 1 PS.).

η = Wirkungsgrad, bei kleineren Maschinen 0,65 bis 0,75, bei grösseren 0,75 bis 0,85.

Die Verbindung zwischen dem Dampfkessel und der Dampfmaschine wird durch die Rohrleitungsanlage, in welche auch die Kesselspeisevorrichtungen eingeschaltet werden, vermittelt. Die Frischdampfleitung, d. i. die vom Kessel direkt zur Dampfmaschine führende Dampfleitung soll möglichst kurz und mit Wärme-Schutzmasse (Kieselguhr, Kork oder dergl.) umhüllt sein, um Kondensationsverluste in dieser Leitung, die gleichbedeutend mit Verlust an Dampf- und Dampfdruck sind, zu verhüten.

Pumpen.

Als Kesselspeisevorrichtungen kommen hauptsächlich Dampf-Kolbenpumpen und Injektoren in Betracht, sie müssen mindestens für die doppelte Leistung gewählt werden, als nach dem Dampf- bezw. Speisewasserverbrauch sich ergeben würde, um in jedem Fall genügend Wasser fördern zu können und um die Pumpe dabei nicht ununterbrochen im Betriebe haben zu müssen.

Unter den Pumpen für Kesselspeisung erfreuen sich neben anderen vortrefflichen Modellen namentlich die Zwillings- oder Duplex-Dampfpumpen „System Worthington“ einer besonders weit verbreiteten Verwendung.

Jeder Dampfkessel muss mit zwei von einander unabhängigen, gut funktionierenden Speisevorrichtungen ausgerüstet sein, entweder also mit zwei Dampfpumpen, oder aber, wie das meist bequemer eingerichtet wird, mit einer Dampfpumpe und einem Injektor. Als Pumpen sind wegen des zu überwindenden Kesseldruckes ausschliesslich Kolbenpumpen zu wählen.

Der für den Betrieb einer Kesselspeisepumpe erforderliche mechanische Arbeitsaufwand in PS. eff. würde sich für eine 100pferdige Dampfmaschinenanlage etwa folgendermassen berechnen:

Nehmen wir für die Dampfmaschine beispielsweise einen mittleren Dampfverbrauch von 10 kg pro eff. Pferdekraft und Stunde an, so ist, abgesehen von den geringen Verlusten in der Frischdampfleitung, eine Speisewassermenge von $100 \times 10 = 1000$ kg $= 1$ m^3 pro Stunde erforderlich. Die Speisepumpe soll, wie schon bemerkt, mindestens für die doppelte Leistung gewählt werden; nehmen wir, um ganz sicher zu gehen, die dreifache Leistung an, so erhalten wir als erforderliches Wasserquantum 3 m^3 pro Stunde.

Der zu überwindende Kesseldruck, den wir mit 7 At. annehmen wollen, würde einer Wassersäule von $7 \times 10{,}3 = \sim 72$ m entsprechen, die als Förderhöhe für die Berechnung in Betracht kommen würde. Die ausserdem vorhandene wirkliche Förderhöhe, die für Kesselspeisepumpen in der Regel sehr minimal ist, betrage, reichlich angenommen, 3 m, so dass — wenn wir den in m. Förderhöhe auszudrückenden Rohrleitungsverlust, als unerheblich in diesem Falle, vernachlässigen — insgesamt eine Förderhöhe von 75 m in die Rechnung einzuführen wäre.

Die erforderliche mechanische Energie für die Speisepumpe berechnet sich dann nach der Formel:

$$Ne = 1{,}33 \frac{Q \cdot H \cdot 1000}{75 \cdot 60}.$$

Diese Formel ist, was sich bei näherer Betrachtung ohne Weiteres ergiebt, aus der uns bekannten Formel:

$$Ne = \frac{P \cdot v}{75} \text{ (vergl. Band I, Seite 144)}$$

abgeleitet, unter Hinzufügung der empirischen Konstante 1,33, die von verschiedenen Faktoren abhängig ist und lediglich einen Erfahrungswert repräsentiert.

In der Formel:

$$Ne = 1{,}33 \frac{Q \cdot H \cdot 1000}{75 \cdot 60}$$

bedeutet:

Ne = Anzahl der effektiven Pferdestärken.
1,33 = Konstante.
Q = Wassermenge in m^3 pro Minute.
H = Summe der Saug- und Druckhöhe, also gesamte Förderhöhe in m.
1000 = Gewicht pro 1 m^3 Wasser in kg.
75 = Divisor für die Pferdestärke (75 Kilogrammmeter pro Sekunde = 1 PS).
60 = Divisor, um aus dem minutlichen das sekundliche Wasserquantum zu erhalten.

Nehmen wir für die Speisepumpe, als doppeltwirkende Kolbenpumpe, einen mittleren Nutzeffekt von 65 % an, so erhalten wir unter Einsetzung der uns nunmehr bekannten Werte:

für $Q = \frac{3}{60}$ und für $H = 75$,

$$Ne = 1{,}33 \frac{3 \cdot 75 \cdot 1000 \cdot 100}{75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 45} = 1{,}7 \text{ oder rund } 2 \text{ PS. eff.}$$

Neben den Kesselspeisepumpen kommen für Dampfkraftanlagen notwendigerweise auch noch Förderpumpen in Betracht, um das für die Kesselspeisung oder für die Kondensationsanlage erforderliche Wasser, sei es aus benachbarten Gewässern oder aus eigens angelegten Brunnenanlagen, überhaupt erst zu beschaffen. Die Wasserbeschaffung ist eine der wichtigsten Fragen in der ganzen Einrichtung der Dampfkraftanlagen.

Als Förderpumpen sind neben den Kolbenpumpen die Zentrifugalpumpen zu nennen. Diese letzteren kommen vorzugsweise für die Beschaffung grösserer Wassermengen bei mässiger Förderhöhe in Anwendung, während für grössere Förderhöhen ausschliesslich Kolbenpumpen Verwendung finden können. Beide werden sehr vorteilhaft durch Elektromotor angetrieben. Der für den Antriebs-Elektromotor erforderliche mechanische Effekt wird gleichfalls nach der oben gegebenen Formel berechnet. Da hier kein Gegendruck zu überwinden ist, so figuriert also Förderhöhe lediglich die Summe der thatsächlichen Saug- und Druckhöhe in der Formel.

Über die Wasserbeschaffung durch Pumpen beachte man Folgendes:

Bei der Förderhöhe ist stets wohl zu unterscheiden zwischen Saughöhe und Druckhöhe, d. h. zwischen „Ansaugen“ und „Fortdrücken“ des Wassers. Das Ansaugen geschieht durch Bewegung des Kolbens (bei den Kolbenpumpen) oder der Flügel (bei den Zentrifugalpumpen), wodurch in der Saugrohrleitung vor der Pumpe ein luftverdünnter Raum erzeugt wird, in welchen das Wasser nachdringt. Da der atmosphärische Luftdruck nur im Stande ist, das Wasser bis 10,3 m hoch zu treiben, so liegt in Wirklichkeit infolge der Reibungswiderstände und Undichtigkeiten in der Rohrleitung die Grenze für die Saughöhe der Pumpen

zwischen 5 und 8 m. Es beträgt die ungefähre maximale Saughöhe für:

a) Kolbenpumpen etwa	6	bis	8	m
b) Zentrifugalpumpen etwa	5	„	6	„
c) Injektoren	3	„	5	„

Da warmes Wasser die Luftverdünnung wesentlich beeinträchtigt, so ist hierfür die Saughöhe noch mehr zu reduzieren. Wasser über 70 ° C. lässt sich fast garnicht mehr ansaugen. Es muss der Pumpe zufliessen.

An dem unteren Ende der Saugleitung ist vorteilhaft ein Rückschlagventil mit Saugkorb — sogen. Fussventil — anzubringen. Bei sehr langen Rohrleitungen schaltet man an geeigneter Stelle Zwischenventile ein, welche in manchen Fällen auch zum Ersatze der Fussventile dienen können. Zur Erreichung eines ruhigen Ganges der Pumpen ist bei längeren Saugrohrleitungen die Einschaltung eines Saugwindkessels erforderlich, welcher möglichst dicht am Saugstutzen der Pumpe sitzen muss.

Die Saugleitung muss absolut dicht sein und so ansteigend verlegt werden, dass sie an der Pumpe ihren höchsten Punkt erreicht. An keiner Stelle darf die Saugleitung abfallend liegen, es muss überhaupt alles vermieden werden, was die Bildung von sogen. Luftsäcken begünstigt. Scharfe Krümmungen sind zu ver-

meiden. Die Saugleitung ist nicht enger, bei langer Leitung lieber weiter zu nehmen als der Saugstutzen der Pumpe.

Soll das Wasser über 8 m gefördert werden, so ist in allen Fällen die Saugwirkung der Pumpe nicht mehr ausreichend. Die Pumpe muss in diesem Falle das Wasser theils ansaugen, theils hochdrücken.

Die maximale Druckhöhe liegt für alle Pumpen wesentlich höher als die Saughöhe; sie beträgt für:

a) Kolbenpumpen etwa 30—50 m,

b) Centrifugalpumpen etwa 20—30 m.

Die Druckleitung wird in gleicher Weise verlegt wie die Saugleitung. Vertikal ansteigende Stränge verlege man möglichst an das Ende der Druckleitung. Druckwindkessel, welche bei raschgehenden Pumpen und bei langen Rohrleitungen im Interesse des stossfreien Ganges der Pumpe immer erforderlich, bei kürzeren Rohrleitungen aber wünschenswert sind, wirken nur gut, wenn sie ein ausreichendes Luftvolumen enthalten, welches nicht entweichen kann. Füllt sich der Druckwindkessel durch irgend einen Fehler mit Wasser, so geht seine Wirkung verloren.

Der Nutzeffekt der Pumpen beträgt für:

a) einfach wirkende Kolbenpumpen ca. 50—60 %,
b) doppelt „ „ ca. 60—80 %,
c) Centrifugalpumpen ca. 40—60 %.

Wasserkraft-anlagen.

Ist für den Betrieb einer elektrischen Anlage eine Wasserkraft vorhanden, so kann diese, als die von der Natur gestellte billigste Betriebskraft, mit Vorteil hierfür ausgenutzt werden.

Als Wasserkraftmaschinen kommen für den elektrischen Betrieb eigentlich nur Turbinen in Frage. Die Wasserräder erfordern wegen ihrer geringen Tourenzahlen eine sehr grosse Übersetzung und ausserdem bietet die Regulierung der Tourenzahl in dem Masse, wie sie der elektrische Betrieb erfordert, sehr häufig nicht unerhebliche Schwierigkeiten, obschon einige Präzisionswasserräder, wie z. B. das Zuppinger-Rad und das Poncelet-Rad auch diese Hauptbedingung des elektrischen Betriebes erfüllen.

Bei der Neuanlage von Wasserkraftmaschinen kommen für den elektrischen Betrieb einzig und allein Turbinen in Betracht und zwar Turbinen mit automatischer Präzisionsregulierung.

Hinsichtlich der Einwirkung des Wassers auf den Mechanismus der Turbine, d. h. je nachdem das Wasser in radialer oder in axialer Richtung auf das Laufrad der Turbine einwirkt, unterscheidet man Radialturbinen und Axialturbinen.

Zu den ersteren gehört als namhaftester Vertreter derselben die Francisturbine; auch werden die oben genannten Präzisions-Wasser-

räder das Zuppinger-Rad und das Poncelet-Rad hierher gerechnet.

Ungleich wichtiger und namentlich auch für den elektrischen Betrieb geeigneter und gebräuchlicher sind die Axialturbinen, unter denen insbesondere die Girardturbine und die Jonvalturbine (Henschel-Jonvalturbine) zu nennen sind.

Die Girardturbine ist für jedes Gefälle über 1 m verwendbar, während die Jouvalturbine sich für grössere Wassermengen bei verhältnismässig geringem Gefälle empfiehlt.

Das Aufschlagwasser (Betriebswasser) ist für Turbinen rein zu halten, was durch Vorschalten von Siebrechen bewerkstelligt werden kann. Die Wasserzuführung zu den Turbinen erfolgt durch Kanäle oder entsprechend starke Rohrleitungen. Die Niveaudifferenz zwischen dem Oberwasserspiegel vor der Turbine und dem Unterwasserspiegel hinter der Turbine nennt man das nutzbare Gefälle; dieses wird in fliessenden Gewässern durch Stauwehre, bisweilen durch sogenannte Thalsperren, künstlich hergestellt.

Die approximative Bestimmung von Wasserkräften und die Effektberechnung des Wassers kann man in folgender Weise vornehmen:

Man bestimmt durch Tiefenmessung mittelst eines Stabes die Querschnittsfläche des fliessenden Wassers in m^2, stellt darauf die Ge-

schwindigkeit des Wassers fest, indem man eine bestimmte Länge, Wegstrecke, am Ufer abgrenzt, an dem oberen Grenzpunkte einen Schwimmer, eine leere, geschlossene Flasche oder einen durch einen Stein beschwerten Holzstab, in das Wasser wirft und nun eventuell durch Wiederholung dieses Experimentes zu ermitteln sucht, in welcher Zeit der Schwimmer die abgegrenzte Strecke von einem Grenzpunkte bis zum anderen durchläuft. Durch Multiplikation der Geschwindigkeitsmeter pro Sekunde mit der vorher ermittelten Querschnittsfläche des Wassers in m^2 erhält man das sekundliche Aufschlagwasserquantum in m^3. Man beachte bei der Feststellung der Geschwindigkeit des Wassers, dass die mittlere Geschwindigkeit etwa mit 0,8 der gemessenen Geschwindigkeit zu rechnen ist, da die Geschwindigkeit des Wassers am Grunde und an den Ufern geringer ist als in der Mitte des Stromes.

Die Abschätzung des Gefälles der für die Ausnutzung in Betracht kommenden Stromlänge ist sehr schwierig und erfordert ein besonders geübtes Auge. Sicherer ist es immer, das Gefälle zu nivellieren. Um ein auch nur annähernd genaues Resultat zu erhalten, ist ein Abnivellieren der Strecke unbedingt notwendig, weil selbst das geübteste Auge eine Täuschung nicht ausschliesst.

Die Berechnung des Effektes geschieht dann nach der Formel:

$$\frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75} = Ne.$$

Auch diese Formel ist, wie die meisten im Maschinenbau gebräuchlichen mechanischen Kraft- und Arbeitsformeln, von der bekannten Grundformel $Ne = \frac{P \cdot v}{75}$ abgeleitet.

Es bedeutet:

1000 = Gewicht pro 1 m³ Wasser in kg.
Q = Aufschlagswasserquantum in m³ pro Sekunde.
H = Nutzbares Gefälle in m.
75 = Divisor für die Pferdestärke (1 PS. = 75 kgm p. Sek.).

Beispiel: Das nach obiger Anleitung ermittelte sekundliche Aufschlagwasserquantum betrage 7 m³, das durch Nivellement ermittelte nutzbare Gefälle 2 m, dann erhält man aus der „lebendigen Kraft“ des Wassers, unter der Annahme eines Nutzeffektes von 75 pCt. für die Turbine, an der Achse derselben einen mechanischen Effekt von:

$$\frac{1000 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 75}{75 \cdot 100} = 140 \; PS. eff.$$

Der Nutzeffekt gut konstruierter Turbinen beträgt etwa 70 bis 80 pCt.

b) Triebwerkszwischenglieder.

Direkte Kuppelung.

Die Übertragung der mechanischen Energie von dem Betriebsmotor auf die Dynamomaschine kann erfolgen erstens durch direkte Kuppelung der beiderseitigen Wellen, zweitens durch Seilantrieb und drittens durch Riemenantrieb.

Unter den Kuppelungen für elektrische Maschinen unterscheidet man starre und elastische Kuppelungen. Die letzteren sind für elektrische Antriebe besonders geeignet und in fast allen Fällen den starren Kuppelungen vorzuziehen. Die elastische Kuppelung empfiehlt sich sowohl für die direkte Kuppelung von Dynamomaschinen mit dem Betriebsmotor, als auch für die direkte Kuppelung eines Elektromotors mit der zu betreibenden Arbeits-Maschine. Als elastisches Mittel kommen Lederzwischenlagen oder Metallfedern in Anwendung. Die Elastizität der Kuppelung, obschon diese erklärlicherweise sehr gering ist, mildert die zwischen den beiden Maschinen auftretenden Stösse doch recht merklich und hebt diese bisweilen ganz auf.

Die direkte Kuppelung ist namentlich bei Platzmangel eine sehr empfehlenswerte, wenig Raum beanspruchende gedrängte Anordnung.

Für Dynamomaschinen - Betriebe bis zu 100 PS. ist, wenn man nicht aus bestimmten

Gründen direkte Kuppelung zu wählen hat, der Riemenbetrieb die Regel. Für elektrische Betriebe über 100 PS. kommt neben der direkten Kuppelung die Seilübertragung in ernsthafte Erwägung. Die grössten Dynamomaschinen-Modelle werden indessen ausschliesslich in direkter Kuppelung betrieben, meist sogar derartig, dass die Welle der Dampfmaschine gleichzeitig für die Aufnahme des Ankers der Dynamo ausgebildet wird, so dass Dampfmaschine und Dynamomaschine zusammen unter Fortfall der Kuppelung nur eine gemeinschaftliche Welle besitzen.

Diese Ausführung der direkten Kuppelung ist auch bei kleineren Maschinen sehr häufig anzutreffen.

Mit dem Betriebsmotor direkt gekuppelte Dynamos müssen wegen der verhältnismässig meist sehr geringen Tourenzahlen des Betriebsmotors langsamlaufende Dynamos sein. Es sind dies bei gleicher Leistung entsprechend grössere Modelle als die Dynamos mit normaler Tourenzahl. Jede normale Dynamomaschine kann durch Umwickelung in eine langsamlaufende Dynamo umgeändert werden. Da zwischen Tourenzahl und Wattleistung innerhalb gewisser Grenzen Proportionalität herrscht, so fällt die Leistung der Dynamo nach der Umwickelung für eine geringere Tourenzahl auch entsprechend geringer aus.

Eine Dynamo leistet beispielsweise normal 30000 Watt (30 K.W.) bei 650 Umdrehungen. Dasselbe Modell, für 300 Umdrehungen umgewickelt, würde, da

$$\frac{30000}{650} = \frac{\cdot x}{300}$$

eine ungefähre Leistung von:

$$x = \frac{30000 \cdot 300}{650} = \sim 14000 \text{ Watt}$$

= 14 K.W. erzielen.

Seilantrieb.

Über Seilantriebe ist Folgendes zu bemerken:

Die Seile bestehen entweder aus Baumwolle oder Hanf.

Drahtseile, die häufig für Kraftübertragungen auf weitere Distanzen Verwendung finden, kommen für elektrische Anlagen gar nicht in Betracht.

Seile aus Baumwolle werden im Allgemeinen wegen der geringeren Steifigkeit den Hanfseilen vorgezogen. Die Belastungsgrenze oder die Bruchbelastung (Festigkeitsmodulus) für Baumwollseile liegt etwa bei 3,5 kg pro 1 mm², diejenige der Hanfseile etwa bei 5 kg pro 1 mm².

Die Achsenentfernung der beiden Übertragungs-Seilscheiben soll nicht kleiner sein, als die Summe der beiden Seilscheiben-Durchmesser.

Die beiden Enden eines Seiles sollen nie anders als durch Spleissung verbunden werden. Für die Spleissung sind ca. 3 m erforderlich, welche man der in Betracht kommenden Seillänge aufzurechnen hat. Das richtige Zusammenspleissen der Seile ist von besonderer Wichtigkeit und sollte nur von einem kundigen Seiler ausgeführt werden. Ein Mann kann täglich etwa 3 bis 5 Seile spleissen.

Die vorteilhafteste Seilgeschwindigkeit ist 15 bis 20 m pro Sekunde.

Die Seilscheiben müssen ausserordentlich gut ausbalanziert (ausgewuchtet) sein.

Der Durchmesser der Seilscheiben soll das 40- bis 100fache des Seildurchmessers, im Minimum aber das 30fache des Seildurchmessers sein; dieser letztere ist für Baumwollseile zwischen 25 bis 50 mm zu wählen, für Hanfseile zwischen 40 und 60 mm.

Riemenantrieb.

Ungleich häufiger und deshalb wichtiger als die Seilübertragung ist für Dynamomaschinen- und Elektromotor-Betriebe die Übertragung mittelst Leder-Treibriemen. Erst für Leistungen über 100 PS., welche eine Riemenbreite über 300 mm erfordern, wäre der Seilantrieb, wie schon erwähnt, in Betracht zu ziehen.

Für Riemenübertragungen beachte man Folgendes:

Die Treibriemen für elektrische Betriebe sollen aus gutem Kernleder hergestellt sein, für welches die Bruchbelastung (Festigkeitsmodulus) etwa 3 kg pro mm^2 Riemenquerschnitt beträgt.

Der Riemen darf weder durch Riemenverbinder, Schlösser, noch durch Vernähen geschlossen werden, sondern muss geleimt sein. Die Enden des Riemens werden hierbei je nach der Breite und Dicke des Riemens auf 0,2 bis 0,5 m Länge keilförmig zugeschärft, übereinander gelegt und unter Anwendung eines Riemenspanners (Riemenauflegers) in aufgelegtem Zustande mit sogenanntem Lederleim verleimt.

Die A c h s e n der zur Riemenübertragung gehörigen Riemenscheiben *) müssen genau parallel liegen.

---

*) Riemenscheiben werden meist aus Gusseisen hergestellt, aber auch schmiedeeiserne Scheiben trifft man sehr häufig wegen ihres geringeren Gewichtes bei der gleichen Leistung an, obschon dieselben meist teuerer sind. Besonders gut eingeführt haben sich seit etwa 8 bis 10 Jahren die Holzscheiben für Transmissionstriebe. Man findet heute bisweilen ganze Fabrikstransmissionen ausschliesslich mit Holzscheiben ausgerüstet, welche zur grössten Zufriedenheit der Besitzer laufen. Einwände, die gegen die Verwendung von Holzscheiben laut werden, sind, dass die Scheiben keine Schwungmassen besitzen und dass grössere Scheiben sich leicht verziehen, trotz der mehrteiligen Verleimung.

Die Achsenentfernung (Fig. 83) für Riemen unter 100 mm Breite soll etwa 4 m betragen; für breitere Riemen betrage die Achsenentfernung im Maximum 10 m. Achsenentfernungen unter 3 m sind sehr unvorteilhaft und, wenn ausserdem ein grösseres Übersetzungsverhältnis dabei hinzutritt, mit nicht

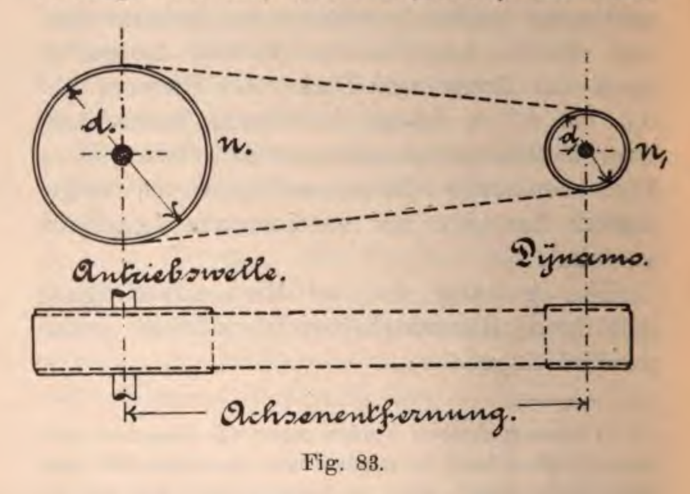


Fig. 83.

unerheblichen Verlusten durch Riemengleiten verbunden, sofern nicht unter solchen Umständen der elektrische Betrieb ganz und gar, wegen der Unbeständigkeit der Tourenzahl und damit auch der Spannung, zur Unmöglichkeit wird.

Für eine Übersetzung bis zu 1:3 kann man eventuell eine Achsenentfernung im Minimum

bis zu 3 m zulassen, für grössere Übersetzungen schaffe man grössere Achsenentfernung oder ein Zwischenvorgelege.

Um bei zu geringer Achsenentfernung und grösserer Übersetzung ein Durchziehen des Riemens zu bewirken, müsste man denselben sehr straff anspannen, was ein schnelles Abnützen der Lager und in den meisten Fällen auch ein beständiges Warmlaufen der Lager zur Folge haben würde.

Das beständige und ununterbrochene Hin- und Herpendeln des Voltmeter- oder Ampèremeter-Zeigers, selbst bei absolut gleichbleibender Belastung der Dynamomaschine und bei normal angespanntem Riemen, ist ein Indicium für Riemenrutschungen bei schlecht und unzweckmässig disponierten Antriebsverhältnissen.

Zeigt sich dieses Pendeln des Zeigers der Messinstrumente bei im Allgemeinen gut disponierten Antriebsverhältnissen, so ist das ein Zeichen eines zu schlaff laufenden, nicht durchziehenden Riemens oder aber auch loser Verbindungs-Kontakte an der Dynamo. Ähnliche Erscheinungen zeigen sich bei Betrieben mit altersschwachen und schlecht arbeitenden Dampf- oder Gaskraftmaschinen, bei denen sich bisweilen im Glühlicht jeder Kolbenstoss des Betriebsmotors bemerkbar macht.

In allen sachgemäss projektierten und ordnungsmässig ausgeführten Anlagen dagegen stellen sich die Zeiger der Messinstrumente mit absoluter, ruhiger Sicherheit ein, und ebenso darf das Licht

unter normalen Verhältnissen nicht die geringsten Intensitätsschwankungen wahrnehmen lassen.

Den Verlust durch Riemengleiten berücksichtige man bei einfachen Übersetzungen mit 2 bis 3 pCt. Für doppelte Übersetzungen nimmt man den Schlüpfungsverlust bis zu 5 pCt. an.

Gegen Riemengleiten bei sonst normal laufenden Riemen ist reiner Rindstalg auf die Laufseite des Riemens aufzutragen; die Verwendung von Kolophonium ist zu verwerfen. Anfangs wird der Riemen nach der Auftragung von Talg zwar bisweilen noch etwas mehr gleiten, jedoch bald quillt der Riemen, kürzt sich und zieht sich fest um die Scheibe, wobei das Fett schliesslich noch als Adhäsionsmittel ausserordentlich günstig mitwirkt.

Gegen Riemengleiten kann man auch die Riemenscheiben auf ihrem ganzen Umfange mit Papier bekleben, so dass der Riemen mit seiner Laufseite nicht direkt über dem glatten eisernen Scheibenumfang, sondern über dem aufgekl[illegible]ten Papier läuft.*)

Das Übersetzungsverhältnis für Rie[illegible]enübertragungen soll 1:5 möglichst nicht über-

---

*) Die Amerikaner nehmen als Laufseite des Lederriemens die Narbenseite, während man bei uns allgemein die Fleischseite als Laufseite verwendet. Hinsichtlich Adhäsion und Biegsamkeit ist das letztere jedenfalls vorteilhafter und mit Rücksicht auf den hieraus resultierenden grösseren Wirkungsgrad auch vorzuziehen.

schreiten. Für höhere Übersetzungen wendet man vorteilhafter ein Zwischenvorgelege an. Es sind unter den Übersetzungen zwei Fälle wohl zu unterscheiden, und zwar: 1) ob die Kraft von der grösseren Scheibe auf die kleinere übertragen wird, oder 2) ob die Übertragung umgekehrt erfolgt, d. h. von der kleineren Scheibe auf die grössere.

Für den ersteren Fall kann man das Übersetzungsverhältniss von 1:5 ohne Bedenken noch etwas überschreiten. Es ist dies aber lediglich Erfahrungs- oder Gefühlssache. Für den zweiten Fall ist es ratsamer, keinesfalls höher als 1:5 mittels Riemen zu übersetzen.

Das Übersetzungsverhältnis bestimmt man nach der dem „Allgemeinen Maschinenbau" (Maschinenelemente)*) entnommenen Formel:

$$d \cdot n = d_1 \cdot n_1.$$

---

*) Für Vorgeschrittenere ist als Nachschlage- und Hilfsbuch für den „Allgemeinen Maschinenbau" zu empfehlen:

1) „Des Ingenieurs Taschenbuch", herausgegeben vom Verein „Hütte", Berlin.
2) W. H. Uhland, „Kalender für Maschinen-Ingenieure", Dresden.

Die entsprechenden elektrotechnischen Hilfsbücher für Vorgeschrittenere sind:

1) Grawinkel & Strecker, „Hilfsbuch für die Elektrotechnik".
2) F. Uppenborn, „Kalender für Elektrotechniker".

In dieser Formel bedeuten „d“ und „d_1“ die Durchmesser der beiden für die Übersetzung in Betracht kommenden Riemenscheiben in m, oder in mm; „n“ und „n_1“ die zugehörigen Tourenzahlen (vergl. Fig. 83).

Beispiel 1. Eine Dynamo habe die vorgeschriebene Tourenzahl $n_1 = 900$ und einen Riemenscheibendurchmesser von $d_1 = 250$ mm. Die Tourenzahl der Antriebswelle sei mit $n = 350$ gegeben. Wie gross muss der Durchmesser „d“ der Antriebsscheibe sein?

Unter Berücksichtigung des Tourenverlustes durch Riemengleiten ist die Tourenzahl der Dynamo um etwa 3 pCt. höher in die Rechnung einzuführen, also statt 900 mit:

$$900 \cdot 1{,}03 = 927.$$

Da nun.

$$d \cdot n = d_1 \cdot n_1 \text{ ist, so ist:}$$

$$d = \frac{d_1 \cdot n_1}{n} = \frac{250 \cdot 927}{350} = \sim 660 \text{ mm Durchm.}$$

Die Riemengeschwindigkeit ist in diesem Falle mit der Dynamo gegeben, sie berechnet sich nach der Formel:

$$v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60}$$

auf:

$$v = \frac{0{,}25 \cdot 3{,}1416 \cdot 900}{60} = \sim 12 \text{ m,}$$

wenn: d = Riemenscheiben-Durchmesser in m,
π = Ludolf'sche Zahl = 3,1416 und
n = Umdrehungszahl oder Tourenzahl pro Minute

(vergl. Band I, 1. Abschnitt, Seite 141).

Die günstigste Riemengeschwindigkeit ist 15 bis 25 m pro Sekunde; sie soll im Minimum 10 und im Maximum 30 m pro Sekunde nicht überschreiten. Auf eine vorteilhafte Riemengeschwindigkeit ist besonderes Gewicht zu legen. Je grösser die Riemengeschwindigkeit, um so geringer ist der Riemenzug, um so geringer auch der erforderliche Riemenquerschnitt.

Soll z. B. umgekehrt als in unserem Beispiel 1) der Riemenscheiben-Durchmesser der Dynamo nach einer vorhandenen Antriebsscheibe mit gegebener Tourenzahl für diese umgeändert werden, so ändert sich für die Dynamo damit auch die Riemengeschwindigkeit, also auch der Riemenzug und demzufolge die Riemenbreite. Die Riemenscheibe der Dynamo wird deshalb unter der Voraussetzung gleicher Tourenzahl bei grösserem Durchmesser eine grössere Riemengeschwindigkeit erhalten und und damit eine geringere Breite erfordern; im anderen Falle bei kleinerem Durchmesser und geringerer Riemengeschwindigkeit eine grössere Breite erfordern.

Beispiel 2. Gegeben ist eine Dynamo für eine Leistung von 6200 Watt bei 1200 Um-

drehungen pro Minute. Der Kraftbedarf bei voller Belastung betrage 10 PS. eff. und der Riemenscheiben - Durchmesser der Dynamo 240 mm bei einer Breite von 120 mm. Die für die Dynamo hiermit gegebene Riemengeschwindigkeit beträgt demnach:

$$v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{0{,}24 \cdot 3{,}1416 \cdot 1200}{60} = \sim 15 \text{ m.}$$

Gegeben ist ferner die Haupt-Transmissionswelle mit 150 Umdrehungen pro Minute (Fig. 84).

Wie ist der Antrieb der Dynamo von dieser Transmission am vorteilhaftesten zu bewerkstelligen?

Das Übersetzungsverhältnis beträgt

$$150 : 1200 = 1 : 8.$$

Es ist deshalb für einen regelrechten und ordnungsmässigen Betrieb ein Zwischenvorgelege zu wählen, und zwar übertragen wir beispielsweise von der Haupt-Transmission auf das Vorgelege im Übersetzungsverhältnis 1:2 vom Vorgelege auf die Dynamo 1:4. Man kann die erstere Übersetzung auch etwas grösser und die letztere etwas kleiner wählen und eventuell beide Male zu gleichen Teilen, d. h. im gleichen Verhältnis übersetzen.

Die Riemengeschwindigkeit zwischen Haupt-Transmission und Vorgelege betrage 10 m; das ergiebt einen Riemenscheiben-Durchmesser für die Hauptwelle von:

$$v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60}, \; d = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot n} = \frac{10 \cdot 60}{3{,}1416 \cdot 150} = 1{,}27 \text{mm}.$$

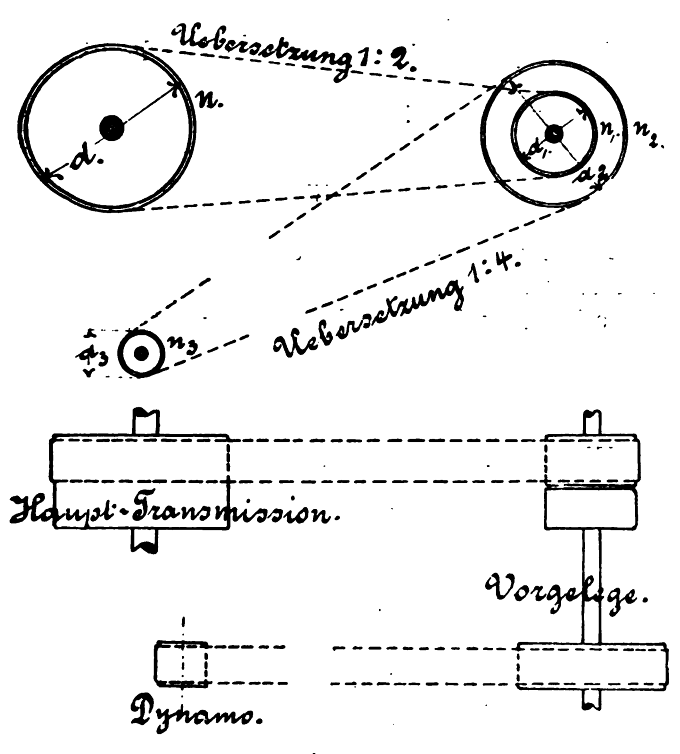


Fig. 84.

Nehmen wir also „*d*" statt mit 1,27 m rund mit 1300 mm Durchm. an.

Wenn nun $d = 1300$ mm, dann ist bei ein… Übersetzung von 1:2 $d_1 = 650$ mm und d… Tourenzahl für die Vorgelegewelle

$$n_1 = \frac{1300 \cdot 150}{650} = 300 \text{ Umdrehungen p. M.};$$

da $n_1 = n_2$ ist, so ist:

$$d_2 = \frac{d_3 \cdot n_3}{n_2} = \frac{240 \cdot 1200}{300} = 960 \text{ mm}.$$

Nehmen wir einen Tourenverlust von 5 pCt. zwischen Haupt-Transmission und Dynamo an, so erhalten wir für „d_2" statt 960 mm einen Durchmesser von:

$$960 \cdot 1{,}05 = \sim 1000 \text{ mm}.$$

Wir erhalten also für:

$$\begin{aligned} d &= 1300 \\ n &= 150 \text{ (gegeben)} \\ d_1 &= 650 \\ n_1 &= 300 \\ d_2 &= 1000 \\ n_2 &= 300 \\ d_3 &= 240 \text{ (gegeben)} \\ n_3 &= 1200 \text{ (gegeben).} \end{aligned}$$

Wir haben im Beispiel 2) für die erste Übersetzung zwischen Haupt-Transmission und Vorgelege eine Riemengeschwindigkeit von 10 m angenommen. Wenn aber die Verhältnisse die

Verwendung einer grösseren Scheibe auf der Haupt-Transmission gestatten, so hätten wir die Riemengeschwindigkeit vorteilhafter noch etwas grösser wählen können, bei kleinerer Riemengeschwindigkeit als 10 m würde anderseits aber der Riemen unverhältnismässig breit und teuer ausfallen müssen.

Die Dicke eines einfachen Riemens ist 4 bis 8 mm, die eines doppelten Riemens 10 bis 14 mm. Es empfiehlt sich für elektrische Betriebe den Riemen möglichst dünn zu nehmen.

Doppelriemen nimmt man in 0,7 facher Breite desjenigen einfachen Riemens, welcher die gegebene Kraft ebenfalls übertragen würde.

Lederriemen beansprucht man auf Zug in der Regel mit 0,25 kg pro 1 mm^2 und zwar, — wenn die Bruchbelastung, wie oben angegeben, 3 kg pro 1 mm^2 beträgt, — mit 10 bis 12 facher Sicherheit. Da der Riemen aber nicht nur die gegebene Kraft zu übertragen, sondern auch die Spannung im treibenden Riemenstück zu überwinden hat, so nimmt man die zulässige Zugbeanspruchung oder Spannung ganz allgemein mit 0,1 bis 0,125 kg pro 1 mm^2 Riemenquerschnitt an.

Das treibende Riementrum soll, wo immer angängig, wie in Fig. 85 angegeben, das u n t e r e sein, weil der Durchhang im o b e r e n getriebenen Riementrum den Umfassungswinkel des Riemens um die Scheibe vergrössert und dadurch den

Wirkungsgrad erhöht. Es sind aus diesem Grunde auch horizontal laufende Riemenübertragungen den schräg oder gar vertikal laufenden vorzuziehen und letztere möglichst zu vermeiden. In Fig. 85 ist die grössere Scheibe die antreibende, von welcher die Kraft ausgeht und die kleinere Scheibe die getriebene.

Den erforderlichen Riemenquerschnitt oder die erforderliche Riemenbreite bei gegebener



Fig. 85.

Dicke des Riemens berechnet man nach der Formel:

$$Ne = \frac{P \cdot v}{75}$$

indem man für „P" den Riemenzug in kg und für „v" die Riemengeschwindigkeit in m pro Sekunde einsetzt.

Der Riemen zwischen Haupttransmission und Vorgelege (Fig. 84) würde sich, unter Bei-

behaltung aller Daten, die sich aus der Situation der Antriebsverhältnisse unseres Beispieles 2) ergeben, folgendermaassen berechnen:

$$Ne = \frac{P \cdot v}{75}, \quad P = \frac{Ne \cdot 75}{v}.$$

$$v = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{1{,}3 \cdot 3{,}1416 \cdot 150}{60} = \sim 10 \text{ m}.$$

Danach ist der Riemenzug bei voller Belastung der Dynamo, also bei einem Kraftbedarf von 10 PS. eff.

$$P = \frac{10 \cdot 75}{10} = 75 \text{ kg}.$$

Das ergiebt bei einer zulässigen Belastung (Spannung) von 0,1 kg pro 1 mm² Riemenquerschnitt einen Gesamtquerschnitt des Riemens von $\frac{75}{0{,}1} = 750 \text{ mm}^2$, oder bei einer Riemendicke von 5 mm eine Riemenbreite von $\frac{750}{5} = 150 \text{ mm}$; bei einer Riemendicke von 6 mm ceteris paribus $\frac{750}{6} = 125$ mm. Die Riemenscheibenbreite nimmt man allgemein 1,1 Riemenbreite + 10 mm.

In derselben Weise, wie vorstehend, ist auch der Riemen zwischen Vorgelege und Dynamo zu berechnen. Derselbe ist indessen mit den Riemenscheiben-Dimensionen für die

Dynamo in der Regel bestimmt und wird häufig reichlich breiter genommen als erforderlich.*)

Die Haupttransmission in unserer Fig. 84 treibt von einer doppelt breiten Riemenscheibe auf eine Voll- und Leerscheibe des Vorgeleges, um die Dynamo durch das Vorgelege abstellen zu können, ohne die Haupttransmission stillsetzen zu müssen.

Wenn an Stelle der Haupttransmission das Schwungrad eines Betriebsmotors gegeben ist, so vereinfacht sich die Rechnung insofern, als dadurch die Riemengeschwindigkeit nicht nur für die Dynamo, also für die Übertragung zwischen Vorgelege und Dynamo gegeben ist, sondern auch für den Betriebsmotor, zwischen diesem und dem Vorgelege. Für derartige Fälle würde auch die Voll- und Leerscheibe überflüssig werden.

Es kommt auch häufig der Fall vor, dass der Betriebsmotor von seinem Schwungrade aus eine Fabrik-Transmission treibt; gleichzeitig soll er aber auch eine Dynamo durch Riemen antreiben. In solchem Falle würde man zweckmässig neben dem Schwungrad des Betriebsmotors eine entsprechend grosse Neben-

---

*) Approximativ rechnet man bei einer mittleren Riemengeschwindigkeit von 15 m pro Sekunde ∾ 10 mm. Riemenbreite pro 1 PS. eff. bei den gebräuchlichen Riemendicken; als mindeste Riemenbreite gilt 50 mm für 1—5 PS. eff.

scheibe anordnen, welche durch eine, etwa mittelst Spindelbewegung, lösbare Reibungskuppelung mit dem Schwungrad umlaufend verbunden, oder die Dynamo stillsetzend von demselben gelöst werden kann.

Der Wellendurchmesser des Vorgeleges berechnet sich nach den im „Allgemeinen Maschinenbau“ hierfür gebräuchlichen Formeln:

a) für schmiedeeiserne Wellen unter 120 mm Durchm.

$$d = 4{,}13 \sqrt[4]{P \cdot R}$$

b) für schmiedeiseerne Wellen über 120mm Durchm.

$$d = 1{,}34 \sqrt[4]{P \cdot R}$$

worin: $d =$ Wellendurchmesser in mm,
$P =$ verdrehende Kraft in kg (also in unserem Falle der Riemenzug.),
$R =$ Riemenscheiben-Radius in mm bedeutet.

4,13 und 1,34 sind Erfahrungswerte.

Der Sicherheitskoëffizient $= \frac{\text{Bruchbelastung}}{\text{zulässige Belastung}}$ $\left(\sigma = \frac{K}{S}\right)$ ist hierbei etwa mit 8—10 berücksichtigt; d. h. der unter Benutzung der Formeln sich ergebende runde Wellendurchmesser würde die der Berechnung zu Grunde gelegte mecha-

nische Energie mit 8—10 facher Sicherheit übertragen; je nach der Qualität des Schmiedeeisens ist diese Sicherheit grösser oder geringer.

Die Riemengeschwindigkeit für die grössere Scheibe auf dem Vorgelege war in unserem Beispiel 2) durch die Dynamo mit ∾ 15 m gegeben, der hieraus resultierende Riemenzug beträgt:

$$P = \frac{Ne \cdot 75}{v} = \frac{10 \cdot 75}{15} = 50 \text{ kg.}$$

Kommen wir nun zu der Formel:

$$d = 4{,}13 \sqrt[4]{P \cdot R}$$

zurück, so erhalten wir, unter Einführung des oben berechneten theoretischen Durchmessers von 960 mm für die grössere Scheibe auf dem Vorgelege, für:

$$R = 480 \text{ mm Radius,}$$
$$P = 50 \text{ kg Riemenzug.}$$

Das Produkt aus $P \cdot R$ muss bei richtiger und genauer Berechnung für beide Scheiben des Vorgeleges, der grösseren, auf die Dynamo treibenden, wie der kleineren, von der Transmissionswelle getriebenen, das gleiche sein (vergl. Fig. 84).

Nach unserer Rechnung ergiebt sich der Durchmesser der Vorlegewelle zu:

$d = 4{,}13 \sqrt[4]{50 \cdot 480} = 4{,}13 \sqrt[4]{24000} = \sim 55$ mm*).

Die Wellengeschwindigkeit (Umlaufsgeschwindigkeit) soll für Haupttransmissionen etwa 100 bis 150 Umdrehungen pro Minute betragen; für Vorgelegewellen etwa 300 bis 400 Umdrehungen pro Minute.

Die Lagerentfernung für Vorgelegewellen soll 1,5 m bis im Maximum 2,5 m sein und zwar:

für Wellen	von	30—50 mm	Durchm.	bis	1,75 m
,, ,,	,,	50—70 ,,	,,	,,	2,00 ,,
,, ,,	,,	70—90 ,,	,,	,,	2,25 ,,
,, ,,	,,	90 mm und mehr		,,	2,50 ,,

Für den Betrieb von Arbeitsmaschinen durch Elektromotore also für die elektrische Kraftübertragung, kommen ausser den genannten Triebwerkszwischengliedern noch Räder- und Schneckenrad-Triebwerke in Betracht, welche gegenüber den in Vorstehendem besprochenen erheblich höhere Übersetzungen ermöglichen.

Der Nutzeffekt dieser verschiedenen Triebwerke ist sehr verschieden; er beträgt für einfache Übersetzungen ungefähr:

---

*) Man kann den Wellendurchmesser auch graphisch bestimmen durch Konstruktion der Momentenflächen für Torsion und Biegung und der daraus resultierenden ideellen Momentenfläche, bequemer ist jedenfalls die analytische Methode.

a) bei Seilübertragung 93—95 pCt.
b) bei Riemenübertragung 95—97 „
c) bei Räderübertragung 85—95 „
d) bei Schneckenübertragung 40—60 „

Diese Werte sind als gute Mittelwerte zu betrachten. Der für Schneckenrad - Übersetzungen angegebene Nutzeffekt bezieht sich auf die eingängige Schnecke; Schneckenrad-Übersetzungen mit mehrgängiger Schnecke und infolgedessen grösserem Steigungswinkel weisen einen Nutzeffekt von 60—80 pCt. auf.

Für Räder-Übersetzungen bei Elektromotorantrieben verwendet man zur Vermeidung des Geräusches auf der Achse des Motors meist ein aus Rohhaut gepresstes, kleineres Stirnrad mit gefrästen Zähnen, welches auf ein grösseres Stirnrad aus Gusseisen ebenfalls mit gefrästen Zähnen und gleicher Zahnform arbeitet.

B. Elektrischer Teil.

Allgemeines.

Dem Entwurf elektrischer Neuanlagen mit eigener Maschinenstation sind nachstehende Gesichtspunkte zu Grunde zu legen:

Der Dampfkesselraum ist mit seinem angebauten Kohlenschuppen von dem Maschinenraum zu trennen. Für die Anlegung von Dampfkesseln bezw. für die Ausführung und

den Aufbau der Kesselräume sind die staatlicherseits hierfür bestehenden baupolizeilichen Vorschriften und Bedingungen massgeblich. Die Entfernung des Kesselraumes vom Maschinenraum beschränke man nach Möglichkeit, trotz der räumlichen Trennung, um Verluste in zu langen Dampfleitungen zu vermeiden.

In dem Dampfmaschinenraum finden ausser der Dampfmaschine die Dynamomaschine und die Schalttafel Aufstellung. In dem Maschinenraum soll vor Allem peinlichste Sauberkeit und Ordnung herrschen. Die Dampfmaschine wie auch die Dynamomaschine ist auf gemauertem (Konkret-)Fundament mittels Ankerbolzen und Ankerplatten fest und sicher aufzustellen. Für Dynamos bis zu 50 PS. eventuell bis zu 70 PS., welche durch Riemen angetrieben werden, verwendet man vorteilhaft Riemenspannvorrichtungen (Spannschlitten), um den Riemen auch während des Betriebes nachspannen zu können. Soll die Dynamo in einem Raume aufgestellt werden, in welchem ein Konkret-Fundament nicht hergestellt werden könnte, wie z. B. in Etagenräumen eines Fabrikgebäudes, so verwende man als Fundament eine starke Holzbalken-Unterlage und montiere die Dynamo fest auf diese.

Früher brachte man ganz allgemein zwischen dem Fundament-Mauerwerk und der Dynamo eine isolierende Holzbalken-Unterlage an, weil

man der Meinung war, dass das Dynamogestell auch unbedingt gegen „Erde“ gut isoliert sein müsse. Auch heute wird von vielen Installateuren noch diese Holzbalken-Unterlage angebracht. Im Allgemeinen jedoch wird man heute die Dynamo sowie auch jeden Elektromotor ohne Holzunterlage skrupellos direkt auf das Mauerwerk setzen bezw. auf den direkt auf dem Mauerwerk montierten Spannschlitten; Voraussetzung ist dabei, dass die Wickelung der Dynamo gegen das Dynamogestell und damit auch gegen „Erde“ gut isoliert ist.

Der „Erdschluss“ kann in elektrischen Anlagen bisweilen sehr unangenehm und störend werden; er macht sich meist dadurch bemerkbar, dass man beim Berühren blanker stromführender Metallteile „elektrische Schläge“ mehr oder weniger heftiger Art wahrnimmt. Liegt der Erdschluss nur in einem Pol der elektrischen Anlage, dann hat es bei den „elektrischen Schlägen“ sein Bewenden, liegen aber beide Pole an „Erde“, so ist ein direkter Energieverlust in der Anlage durch Erdschluss vorhanden, der beseitigt werden muss. Die Grösse des Verlustes ist abhängig von der mehr oder weniger innigen Berührung der beiden Pole mit „Erde“, d. h. der Verlust ist umgekehrt proportional dem Übergangswiderstand zwischen den Polen und „Erde“. Man kontrolliert von der Schalttafel aus eine Anlage auf „Erdschluss“ durch den Erdschlussprüfer, d. i. in der Regel eine Glühlampe, welche mit einem Pol direkt an „Erde“, mit dem anderen Pol an einem Um-

schalter liegt, welcher durch Umschaltung entweder die positive (+) Leitung oder die negative (−) Leitung der zu prüfenden Anlage mit der Glühlampe verbindet. Ist in einer der beiden Leitungen Erdschluss vorhanden, so giebt sich derselbe durch mehr oder weniger helles Aufleuchten der Kontrolllampe zu erkennen, leuchtet die Glühlampe mit normaler Helligkeit, so muss eine direkte Verbindung der Leitung mit „Erde" bestehen.

Es ist dies natürlich nur eine ganz rohe Untersuchung. Eine genauere Untersuchung, die sich für alle elektrischen Anlagen vor der Inbetriebnahme derselben empfiehlt, ist in Band I Seite 137 angedeutet.

Eine andere, ebenfalls genauere Methode zur Prüfung einer Anlage auf Erdschluss ist diejenige durch Messung des Widerstandes bezw. des Isolationswiderstandes mit dem Galvanometer.

Bei stationären Lokomobilanlagen trenne man den Dynamoraum mit der Schalttafel von dem Lokomobilenraum und lasse den Treibriemen von dem Schwungrad der Lokomobile durch entsprechende Wanddurchbrüche hindurch auf die Riemenscheibe der Dynamo treiben.

Bei Gasmotor- und Turbinenbetrieb ist der ganze maschinelle Apparat, als Betriebsmotor, Dynamo und Schalttafel in einem einzigen Maschinenraum unterzubringen.

Die Trennung in den erstgenannten Betrieben erfolgt lediglich aus Reinlichkeits-Rücksichten.

Die Akkumulatorenbatterie erfordert für sich unbedingt einen besonderen Raum, für welchen sowohl mit dem Kesselraum, wie mit dem Maschinenraum eine kommunizierende Luftzirkulation zu vermeiden ist, weil die bei der Ladung der Batterie auftretenden säurehaltigen Gase die Metalle angreifen. Der Akkumulatorenraum muss durch Fenster oder Abzugsschacht hinreichend ventilierbar sein und einen nach einer Seite hin abfallenden Cementfussboden haben zum Abflusse etwa verschütteter Säure oder verschütteten Wassers bei der hin und wieder vorzunehmenden Nachfüllung der Elemente. Die Entfernung des Akkumulatorenraumes von dem Maschinenraum, speziell von der Schalttafel soll möglichst gering sein, einerseits zur Vermeidung langer Zellenschalterleitungen und andererseits um dem Maschinisten neben der Überwachung der Schalttafel und des maschinellen Betriebes auch die zeitweilig erforderliche Überwachung der Batterie nach Möglichkeit zu erleichtern. Die einzelnen Elemente der Batterie werden auf einem kräftigen, niederen Holzgestell reihenweis nebeneinander, eventuell in zwei Etagenreihen übereinander montiert, wobei die Gefässe nicht direkt auf das Holzgestell, sondern aus Gründen besonders guter Isolation des Inneren der Zelle gegen „Erde“ auf Porzellan- oder Glas-Isolatoren gesetzt werden.

Der Dispositionsentwurf des elektrischen Teiles der Maschinenstation mit der Akkumulatorenbatterie ist hinsichtlich Umfang, Anordnung der Dynamomaschinen und der Akkumulatorenbatterie, sowie der Stromverteilung in das Leitungsnetz am übersichtlichsten und klarsten in einem sogenannten „Schaltungsschema“ niederzulegen und aus diesem von jedem Fachmann ohne Weiteres zu entnehmen.

Das Schaltungsschema bildet zugleich die Grundlage für die Konstruktion und den Aufbau der Schalttafel mit allen für die Anlage erforderlichen Instrumenten und Apparaten. Die Schalttafel ist die Zentralstelle, der Kontroll- und Regulierungsmittelpunkt der ganzen elektrischen Anlage. Sie giebt uns Aufschluss über den jeweiligen Betriebszustand der Dynamomaschinen und der Akkumulatoren, sowie auch über die ordnungsmässige Funktion der Betriebsmotore und der etwaigen Zwischenglieder, sie giebt uns ferner Aufschluss über die Belastungsvorgänge und Belastungszustände im Leitungsnetz. Die Schalttafel ist deshalb ein ausserordentlich wichtiger Bestandteil der elektrischen Anlage, ohne welche ein regelrechter Betrieb namentlich in grösseren Anlagen unmöglich wäre. Die Schalttafel ist ausserdem das verbindende Glied zwischen der Dynamomaschine, der Akkumulatorenbatterie und dem Leitungsnetz.

Die Dynamomaschinen und Akkumulatoren sind im Band I hinlänglich besprochen worden; es bleiben für den elektrischen Teil der elektrischen Anlagen nur mehr zur Besprechung übrig:

a) Haupt-Schaltungen.
b) Elektromotorbetriebe.
c) Elektrische Leitungen.

Bei Besprechung der Hauptschaltungen werden die Betriebsverhältnisse der Dynamomaschinen und der Akkumulatoren notwendiger Weise in erschöpfendstem Maſse wieder berührt.

a) Hauptschaltungen.

Einfache Maschinen-schaltung.

Die einfachste Schaltung stellt Fig. 86 dar; sie ist für kleine elektrische Beleuchtungsanlagen zu verwenden, deren Umfang hinsichtlich Lampenzahl die Leistung der Dynamomaschine nicht übersteigt.

Nehmen wir an: Es wären in einer elektrischen Anlage 60 Glühlampen à 16 Nk. zu betreiben, welche, wie dies in Fig. 86 gedacht ist, in drei Hauptstromkreisen von der Schalttafel abzweigen. Stromkreis I habe beispielsweise den grössten Beleuchtungskomplex von 30 Glühlampen mit Strom zu versorgen, Stromkreis II habe 10 Glühlampen und Stromkreis III 20 Glühlampen zu versorgen.

Die hierfür erforderliche Dynamogrösse berechnet sich, wenn man für die 16kerzige Glühlampe $\sim$ 50 Watt annimmt, zu: $60 \cdot 50 = 3000$ Watt.

Ist das Leitungsnetz auf einen engen Raum zusammengedrängt, so kann man für die Dynamo eine Betriebsspannung von 65 Volt wählen;

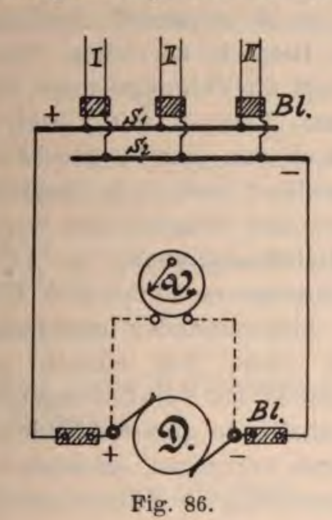


Fig. 86.

bei grösserer Ausdehnung des Leitungsnetzes wird man, um den Kupferaufwand in mässigen Grenzen zu halten, 110 Volt Spannung wählen und bei einem unverhältnismässig weit verzweigtem Netz kann man aus demselben Grunde ev. auch 220 Volt Spannung wählen. Diese Frage ist also mit Rücksicht auf die Ausdehnung

der Anlage von vornherein leicht zu entscheiden. Im Allgemeinen wird man mit der gebräuchlichsten Spannung von 110 Volt für Anlagen bis zu 500 Glühlampen und mehr bei mässiger räumlicher Ausdehnung, d. h. für gewöhnliche Einzelanlagen auskommen; fällt bei grösserer räumlicher Ausdehnung der Kupferaufwand zu gross aus, so ist eventuell die Spannung von 220 Volt in Betracht zu ziehen. Eine Betriebsspannung von 65 Volt wird man nur mehr in ganz kleinen Anlagen mit Vorteil verwenden können, in denen einzeln geschaltete Bogenlampen installiert sind, d. h. Bogenlampen, die einzeln aus- und eingeschaltet werden sollen. Bei einer Betriebsspannung von 110 Volt wird man bekanntermaassen vorteihaft Bogenlampen paarweise hintereinander brennend aus- und einschalten, denn bei einzeln geschalteten Bogenlampen in 110 Volt Leitungsnetzen würde der vorzuschaltende grössere Widerstand ebensoviel Energie verzehren, als wenn zwei Bogenlampen gleichzeitig in Hintereinanderschaltung brennen würden

Speziell für einzeln ein- und auszuschaltende Bogenlampen ist es deshalb meist vorteilhafter, wenn die Betriebsspannung nicht zu hoch angenommen wird. (Vergl. Bogenlampen, äussere Schaltung und Spezialschaltung).

Mit der Maschinenspannung ist die Glühlampenspannung bestimmt. Es dürfen im ganzen

Netz nur Glühlampen für unter sich gleiche Betriebsspannung betrieben werden.

Ist die Betriebsspannung einmal festgelegt, so können die in Betracht kommenden Stromstärken leicht bestimmt werden, was für die Grössenbestimmung der Instrumente und Apparate, sowie für die Dimensionierung der Leitungsquerschnitte für die Schalttafelverbindungen erforderlich ist.

Hätten wir beispielsweise für Schaltung Fig. 86 eine Betriebsspannung von 110 Volt gewählt, so wären die Dynamo-Hauptsicherungen und Sammelschienen für:

$$\frac{3000}{110} = 27{,}2 \text{ oder} \sim 30 \text{ Amp.}$$

zu dimensionieren.

Stromkreis I mit 30 Glühlampen führt dann bei voller Belastung:

$$\frac{30 \cdot 50}{110} = 13{,}6 \text{ Amp.}$$

Stromkreis II desgl.:

$$\frac{10 \cdot 50}{110} = 4{,}5 \text{ Amp.}$$

Stromkreis III desgl.:

$$\frac{20 \cdot 50}{110} = 9{,}1 \text{ Amp.}$$

Die nach dem Schema Fig. 86 zu konstruierende Schalttafel müsste enthalten:

1 zweipolige oder 2 einpolige Maschinen-Hauptbleisicherungen zum Schutz der Dynamomaschine gegen Überlastung, gegen Kurzschlüsse etc. „*Bl*".

1 Voltmeter zur Regulierung und Kontrole der Betriebsspannung „*V*".

2 Sammelschienen aus Messing oder Kupfer zur Abzweigung der einzelnen Stromkreise „S_1" und „S_2".

2 zweipolige Bleisicherungen zur Sicherung der Hauptleitungen der einzelnen Stromkreise gegen Feuersgefahr bei Kurzschlüssen und Überlastungen „*Bl*".

Die Schalttafel selbst ist aus Schiefer oder Marmor herzustellen; Marmor ist vorzuziehen, weil Schiefer bisweilen nicht ganz frei von leitenden Bestandteilen ist. Die aufgeführten Instrumente und Apparate sind in gefälliger, möglichst symmetrischer Anordnung auf der Schalttafel zu befestigen.

Von den Maschinenklemmen führen die Haupt-Maschinenkabel, welche an den Enden zur bequemeren Befestigung und zur besseren Stromabnahme mit Kabelschuhen zu versehen sind, zu den entsprechenden Klemmen der Haupt-Maschinensicherung.

Viele Installateure bringen auf der Schalttafel sowohl für die Dynamo, wie für jede Abzweigung

von der Schalttafel besondere Klemmen an, was für den bequemeren Anschluss der Leitungen durchaus zu empfehlen ist.

Ausser den beiden Hauptmaschinenkabeln ist bei allen Maschinen mit Nebenschlusswickelung noch die Nebenschlussleitung zum Nebenschlussregulator und von diesem zur Schalttafel zu führen. Der Nebenschlussregulator wird gewöhnlich, da er auf der Schalttafel nicht immer dekorativ wirkt, unter diese gesetzt.

(Über die Schaltung des Nebenschlussregulators vergl. Band I, Seite 47 und 80, Figg. 21 und 28.)

In Schaltung Fig. 86 ist der Nebenschlussregulator der Einfachheit halber fortgelassen, ebenso in den folgenden Schaltungen.

Von den Maschinensicherungen führen Verbindungsleitungen zu den Sammelschienen „S_1, S_2“, von diesen werden, eventuell durch Kabelschuhe und Verschraubungen, die verschiedenen Stromkreise abgezweigt, indem jeder Pol durch eine Abschmelzsicherung, d. h. jede Leitung durch eine zweipolige Sicherung geführt wird.

Das Voltmeter wird durch zwei dünne Messleitungen von etwa 0,75 mm² Querschnitt an die Maschinenklemmen der Schalttafel (+ und —) oder an die Klemmen der beiden Maschinen-Bleisicherungen (+ und —) gelegt. Da die Maschine in Fig. 86 nicht abgeschaltet wird, so

könnte das Voltmeter auch an die Sammelschienen „S_1“ und „S_2“ angeschlossen werden.

Jede Leitungsabzweigung von der Schalttafel sowohl als auch von der Hauptleitung, welche mit einer Querschnittsverminderung ansetzt, muss durch Bleisicherungen oder durch Abschmelzsicherungen aus anderem leicht schmelzbarem Metall (Bleilegierungen etc.) gegen unzulässige Erwärmung der schwächeren Leitung infolge Überlastung oder Kurzschluss geschützt sein, so dass eine Feuersgefahr durch die Leitungsanlage mit Sicherheit ausgeschlossen ist. (Vergl Anhang § 12 der „Sicherheits - Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen.“)

Die Bleisicherungen, Schalter und sonstigen Apparate, ebenso die Sammelschienen und überhaupt blanke stromführende Metallteile der Schalttafel sind nach der Stromstärke zu dimensionieren. Man beansprucht den stromführenden Querschnitt der genannten Apparate bei Messing mit 1 Ampère pro 1 mm^2, für Kupfer mit 2 Ampère pro 1 mm^2.

Bei dieser Beanspruchung ist eine unzulässige Erwärmung der Apparate und blanken Leitungen für Stromstärken bis zu 1000 Ampère mit Sicherheit ausgeschlossen. Die verschiedenen Apparate werden von den Fabriken in mehreren grösseren und kleineren Modellen fabriziert. Liegt die Gebrauchsstromstärke zwischen zwei Modellgrössen, so ist das grössere Modell zu wählen.

Die Bedienung der Anlage nach Schaltung Fig. 86 ist die denkbar einfachste:

Man setzt die Maschine in Betrieb und reguliert, sobald die Maschine ihre normale Tourenzahl erreicht hat, am Nebenschlussregulator langsam bis auf die vorgeschriebene Betriebsspannung aufwärts.

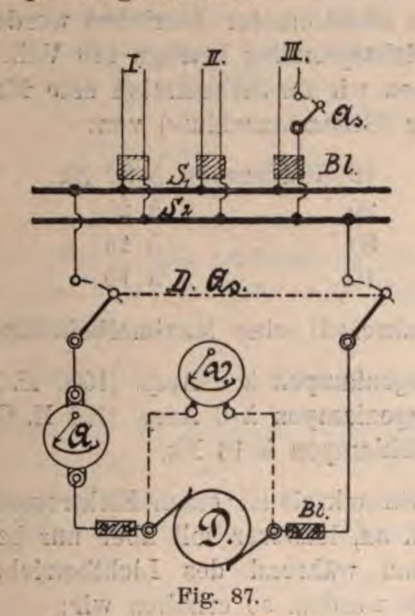


Fig. 87.

Die Schaltung Fig. 87 unterscheidet sich von der Schaltung Fig. 86 nur dadurch, dass für die Abschaltung der Maschine vom Netz ein doppelpoliger Maschinen-Ausschalter „*D. As*“ und für die Kontrolle der Netzbelastung in „Ampère“ ein Ampèremeter „*A*“ vorgesehen

ist. „*As*“ stellt einen einpoligen Ausschalter für den Stromkreis III dar. Stromkreis I und II sollen in diesem Falle z. B. zwei Hauptstromkreise für Beleuchtung sein, während in Stromkreis III ein vom Maschinenhause entfernt stehender Elektromotor betrieben werden soll. Die Betriebsspannung betrage 110 Volt.

Nehmen wir für Stromkreis I eine Maximalbelastung (Gesamtanschluss) von:

10 Glühlampen à 32 Nk.
20 „ à 25 „
80 „ à 16 „
10 „ à 10 „

für Stromkreis II eine Maximalbelastung von:

2 Bogenlampen à 8 Amp. (1000 H. E.)
4 Bogenlampen à 6 Amp. (700 H. E.)
50 Glühlampen à 16 Nk.

und für Stromkreis III einen Elektromotor von 5 PS. eff. an, letzterer soll aber nur bei Tage laufen und während des Lichtbetriebes abgeschaltet werden, so erhalten wir:

für Stromkreis I

10 Glühlp.	à 32 Nk.	$= 10 \cdot 3{,}1 \cdot 32 =$	$\sim$ 1000	Watt
20 „	à 25 „	$= 20 \cdot 3{,}1 \cdot 25 =$	1550	„
80 „	à 16 „	$= 80 \cdot 3{,}1 \cdot 16 =$	$\sim$ 4000	„
10 „	à 10 „	$= 10 \cdot 3{,}1 \cdot 10 =$	310	„
			Sa. 6860	Watt

für Stromkreis II

2 Bogenl. in Serie à 8 Amp. = 8 · 110 = 880 Watt
4 Bogl. je 2 in Ser. à 6 Amp. = 2 · 6 · 110 = 1320 „
50 Glühlamp. à 16 Nk. = 50 · 3,1 · 16 ∼ 2500 „
Sa. 4700 Watt

für Stromkreis III

1 Elektromotor von 5 PS. eff. mit einem Nutzeffekt von 80 pCt. erfordert:

$$\frac{5 \cdot 736 \cdot 100}{80} = 4600 \text{ Watt.}$$

Würde Motor und Beleuchtung gleichzeitig zu betreiben sein, so wäre eine Mindest-Maschinenleistung von

$$6860 + 4700 + 4600 = 16160 \text{ Watt}$$

erforderlich; da in unserem Falle der Motor aber nur bei Tage betrieben und während des Lichtbetriebes abgeschaltet werden soll, so ist für die Maschine nur ein Mindestleistung von:

$$6860 + 4700 = 11560 \text{ Watt,}$$

bei 110 Volt Betriebsspannung erforderlich.

Die hierfür passende Fabrikationsgrösse sei eine Dynamo von beispielsweise 13000 Watt mit einem Nutzeffekt von 90 pCt. Der zum Betriebe dieser Dynamo erforderliche mechanische Effekt berechnet sich danach auf:

$$\frac{13000 \cdot 100}{736 \cdot 90} = \sim 20 \text{ PS. eff.}^{*)}$$

bei Vollbelastung der Dynamo.

Die Stromstärke beträgt:

für Stromkreis I

$$\frac{6860}{110} = 62 \text{ Amp.},$$

für Stromkreis II

$$\frac{4700}{110} = 42 \text{ Amp.},$$

für Stromkreis III

$$\frac{4600}{110} = 41 \text{ Amp.}$$

Der Maschinenstrom beträgt bei voller Netzbelastung mit 11560 Watt

$$\frac{11560}{110} = 104 \text{ Amp.}$$

An Instrumenten und Apparaten sind nach Schaltung Fig. 87, wie aus der Skizze ersichtlich, erforderlich:

---

*) Man rechnet bei der Dynamo (also primär) pro 1 PS. eff., das an der Achse aufgewendet wird, unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades approximativ einen Energiegewinn von rund 500 bis 600 Watt, entsprechend 10 bis 12 Glühlampen à 16 Nk. bezw. deren Äquivalent. Beim Motor (also sekundär) rechnet man pro PS. eff., das an der Achse gewonnen wird, approximativ 800 bis 900 Watt Energieaufwand.

1 Voltmeter „*V*“,
1 Ampèremeter „*A*“,
1 zweipolige (oder 2 einpolige) Maschinensicherung „*Bl*“,
1 zweipoliger Maschinen-Hebelausschalter „*D-As*“,
2 Sammelschienen „S_1 und S_2“,
3 zweipolige Abzweigsicherungen „*Bl*“,
1 einpoligen Hebelausschalter „*As*“.

Wir haben bei der Netzbelastung für die Schaltung Fig. 87 angenommen, dass der Motor während des Lichtbetriebes abgeschaltet ist. Es ist dies natürlich nicht durchaus notwendig. Ist aber der Motor im Verhältnis zur Dynamomaschine sehr gross und sollen gleichzeitig von der Dynamo Lampen betrieben werden, so ist es nicht ausgeschlossen, dass das Licht namentlich bei Belastungsschwankungen des Motors nachteilig beeinflusst wird. Die Belastungsschwankungen des Motors werden sich im Licht bemerkbar machen durch ungleichmässiges und unruhiges Leuchten der Glühlampen, grössere Schwankungen beeinflussen auch schliesslich das Bogenlicht. Für derartige Anlagen eignet sich von vornherein eine Compound-Dynamo mehr als eine Dynamo mit Nebenschlusswickelung, weil die erstere sich bei Belastungsschwankungen selbst reguliert und prompter als man eine Nebenschlussmaschine von Hand zu regulieren vermag. Ist

aber schon einmal eine Nebenschlusssmaschine vorhanden, so muss man für diese zum selbstthätigen Ausgleich der durch Belastungsänderungen hervorgerufenen Schwankungen und zur selbsttätigen Spannungs - Regulierung einen automatischen Nebenschlussregulator verwenden.

Der automatische Nebenschlussregulator gleicht auch kleinere Tourenschwankungen eines nicht exakt funktionierenden Betriebsmotors und die daraus für die Dynamo resultierenden Unregelmässigkeiten aus, so dass diese im Licht kaum mehr wahrnehmbar werden.

Sind Motoranlagen grösseren Umfanges vorhanden, so ist es oft zweckmässiger, für „Licht" und „Kraft" besondere Dynamos aufzustellen.

Den besten Spannungs- und Belastungsausgleich aber und die beste und vollkommenste Selbstregulierung bietet den elektrischen Anlagen der Akkumulator.

Akkumulatoren-Schaltung.

Bei Aufstellung einer Akkumulatorenbatterie erfährt die Schalttafel sogleich eine erhebliche Komplikation.

Wie aus der Schaltung Fig. 88 ersichtlich, sind an Instrumenten und Apparaten hierzu erforderlich:

1 Voltmeter „*V*",

1 Voltmeter - Umschalter „*VU*" für drei Messungen: 1. Dynamo-, 2. Lichtnetz- und 3. Akkumulatorenspannung,

1 Maschinenampèremeter „*A*",
1 Akkumulatorenampèremeter „*A*",
1 Stromrichtungsanzeiger oder Indikator „*Ind*",

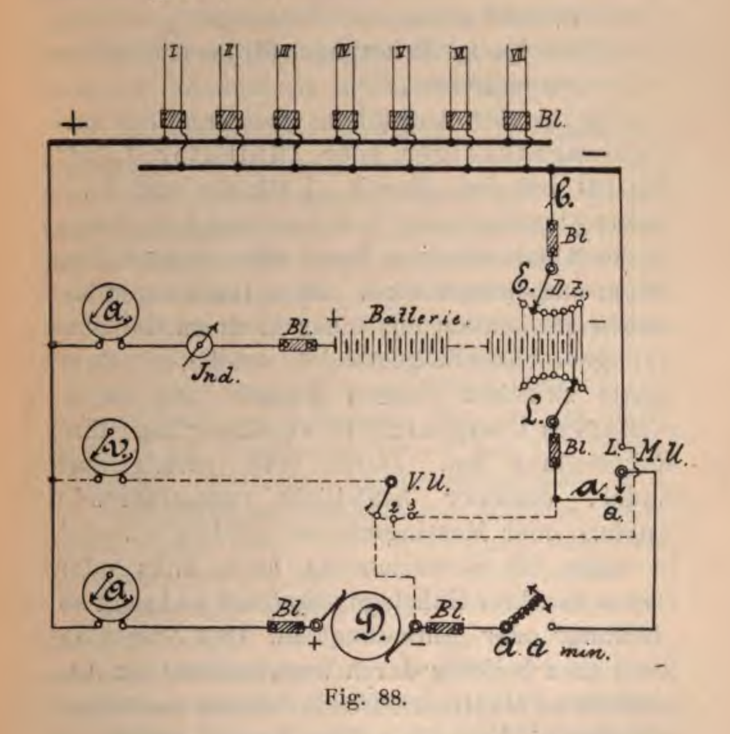


Fig. 88.

1 automatischen Minimalausschalter „*A. A. min.*"
1 einpoligen Maschinen-Umschalter „*M. U.*"
1 Doppelzellenschalter „*D. Z*",

1 zweipolige (oder 2 einpolige) Maschinen-Bleisicherungen *„Bl“*,
3 einpoligeAkkumulatorensicherungen *„Bl“*,
2 Sammelschienen aus Kupfer oder Messing (+ und —),
7 zweipolige Sicherungen für 7 verschiedene Stromkreise *„Bl“*.

Der in der Aufzählung genannte Stromrichtungsanzeiger oder Indikator (*„Ind“* Fig. 88) hat den Zweck, „Ladung und Entladung“ anzuzeigen, d. h. anzuzeigen, ob Strom in die Akkumulatoren fliesst oder ob denselben Strom entnommen wird. Diese Indikatoren bestehen gewöhnlich aus einer in einem Gehäuse untergebrachten Magnetnadel, welche mit ihrer Achse zwischen Spitzen gelagert und durch einseitiges Übergewicht in vertikaler Lage ihre Ruhestellung hat. Durch eine, parallel zur Nadel, darunter befindliche stromführende Kupfer- oder Messingschiene wird die Nadel je nach der Stromrichtung nach links oder rechts aus ihrer Ruhelage abgelenkt und zeigt so „Ladung“ oder „Entladung“ an. Den Ausschlag kann man beliebig durch Vertauschung der Anschlüsse an die stromführende Schiene nach einer bekannten „Ampère'schen Regel“ ändern.

Diese Regel lautet: Denkt man sich in eine stromführende Leitung gelegt, mit der Stromrichtung schwimmend, den Kopf voraus, das Gesicht der Magnet-

nadel zugekehrt, so wird der *Nordpol* der Nadel allemal nach *links* abgelenkt.

Als Maschinen-Umschalter *„MU“* (Fig. 88) kann man sowohl Kurbelumschalter mit Unterbrechung, als auch Hebelumschalter verwenden. In Fig. 88 und den folgenden ist ein Hebelumschalter schematisch zur Anschauung gebracht.

Viele Installateure verwenden als Maschinen-Umschalter „Kurbelumschalter ohne Unterbrechung“. Diese Schalter haben für die Schaltung den Nachteil, dass vor dem Umschalten beide Zellenschalter-Hebel (der Lade- und der Entlade-Hebel) auf den gleichen Kontakt gebracht werden müssen. Die Bedienung wird dadurch, namentlich bei dem Übergang von der „Ladung“ zum „Parallelbetrieb“, sehr umständlich und bietet dafür auf der anderen Seite als Äquivalent, den — man kann sagen — nur illusorischen Vorteil, dass man diesen Übergang im Licht nicht wahrnehmen soll; bei vernünftiger und aufmerksamer Bedienung kann dieser Vorteil auch unter Verwendung eines Umschalters mit Unterbrechung erreicht werden.

Vergisst aber der Maschinist bei dem Maschinenumschalter ohne Unterbrechung vor der Überschaltung die Zellenschalterhebel auf den gleichen Kontakt zu bringen, so schliesst er die zwischen den Hebeln liegenden Zellen am Zellenschalter auf einen Moment kurz, was leicht eine Zerstörung dieser Zellen zur Folge haben kann.

Die Schaltung Fig. 88 ist eine ganz allgemein gebräuchliche Normalschaltung mit

Akkumulatorenbetrieb (vergl. Band I Seite 183—193).

Während der Ladung können Lampen mitbrennen (allerdings nur in beschränkter Anzahl). Es kann ferner Alleinbetrieb von der Dynamo und Alleinbetrieb vom Akkumulator, sowie auch Parallelbetrieb beider auf das Netz ermöglicht werden.

Neuanlagen disponiert man in der Regel so, dass die Dynamo den grössten Teil der gesamten Belastung allein zu tragen vermag; bei Eintritt der Maximalbelastung soll der Akkumulator die Dynamo unterstützen. Bei Rückgang der Belastung soll zunächst der Akkumulator wieder entlastet werden und erst, wenn der Stromverbrauch im Netz so weit gesunken ist, dass der Maschinenbetrieb unwirtschaftlich wird, dann hat der Akkumulator den Nachtbetrieb zu übernehmen, nachdem die Dynamo abgestellt ist. Für die meisten Fabrikbetriebe ist der Zeitpunkt des Maschinen-Ausserbetriebsetzens von bestimmendem Einfluss auf die Wahl der Akkumulatorengrösse.

Es seien beispielsweise in einer Einzelanlage mit 110 Volt Betriebsspannung an dem längsten Lichtbetriebstage des Jahres, also im alleräussersten Falle, folgende Glühlampen von der Akkumulatorenbatterie mit Strom zu versorgen:

1) Für die Unterstützung der Dynamo während der Zeit des Maximalbetriebes: 30 Glühlampen à 16 Nk. (50 Watt) während einer Dauer von 2 Stunden.

2) Nach Schluss des Fabrikbetriebes für Beleuchtung von Bureaux und Wohnräumen: 50 Glühlampen à 16 Nk. (50 Watt) während einer Dauer von 3 Stunden.

3) Hierauf nur mehr: 20 Glühlampen à 16 Nk. (50 Watt) während einer Dauer von 4 Stunden.

4) Für die Nacht- und Morgenstunden bis zur nächsten Ladung: 6 Glühlampen à 16 Nk. (50 Watt) während einer Dauer von 10 Stunden.

Das ergiebt zu:

1) $\frac{30 \cdot 50}{110} = 13{,}6$ Amp. $\times$ 2 St. $= 27{,}2$ Amp.-St.

2) $\frac{50 \cdot 50}{110} = 22{,}7$ „ $\times$ 3 „ $= 68{,}1$ „

3) $\frac{20 \cdot 50}{110} = 9{,}0$ „ $\times$ 4 „ $= 36{,}0$ „

4) $\frac{6 \cdot 50}{110} = 2{,}7$ „ $\times$10 „ $= 27{,}0$ „

Sa. 158,3 Amp.-St.

Es ist also für den vorliegenden Fall eine Akkumulatorenbatterie mit einer Elementgrösse von mindestens 158 Ampèrestunden Kapazität, und zwar sind für eine 110 Volt-Anlage (vergl.

Band I Seite 174 bis 176) 60 Elemente oder Zellen erforderlich, von denen bei gleichzeitigem Lichtbetriebe während der Ladung nach Schaltung Fig. 88 ein Drittel durch den Zellenschalter zum Abschalten eingerichtet sein müssen.

Nach dem neuesten, dem Verfasser vorliegenden Kataloge der Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft, Berlin (Mai 1900), ist die Type G. 7 die hierfür geeignetste Batterie. Die Kapazität derselben beträgt 169 Ampèrestunden bei 10stündiger Entladung, und zwar vermag die genannte Batterie zu leisten, mit Rücksicht auf den der Entladestromstärke jeweilig entsprechenden Wirkungsgrad:

a)	während	10 Stunden	16,9	Ampère
b)	„	7½ „	20,8	„
c)	„	5 „	28,0	„
d)	„	3 „	42,0	„

Der maximale Entladestrom, den wir nach unserer Berechnung fordern müssten, beträgt 22,7 Ampère, es ist dies die höchste Stromstärke, welche wir der Batterie überhaupt entnehmen würden. Diese Stromstärke würde die gewählte Batterie etwa 6 Stunden hindurch ohne Unterbrechung zu leisten vermögen. Die normale Ladestromstärke für die gewählte Type G. 7 beträgt nach den Angaben des Kataloges etwa 42 Ampère. Die normale Ladestromstärke stimmt demnach mit der maximal

zulässigen Entladestromstärke überein, wodurch die für die Batterie in Betracht kommenden Apparatgrössen bestimmt sind.

Ist es nicht nötig, dass während der Ladung Lampen mitbrennen, so kann man an Stelle des in Fig. 88 gezeichneten Doppelzellenschalters einen Einfachzellenschalter verwenden (vergl. Band I Fig. 57); an Stelle des Maschinen-Umschalters „*M U*“ (Fig. 88) tritt in diesem Falle ein einpoliger Hebelausschalter. Im Übrigen sind die gleichen Instrumente und Apparate, wie in Fig. 88 angegeben, erforderlich.

Will man den Akkumulator vom Lichtnetz trennen, so ist ein Ausschalter in die Verbindungsleitung bei „*b*“ (Fig. 88) zu legen.

Will man verhindern, dass die zwischen den beiden Zellenschalterhebeln liegenden Zellen mit unzulässig hoher Stromstärke geladen werden, was bei gleichzeitiger Netzbelastung während der Ladung leicht eintreten könnte, so ist ein automatischer Maximalausschalter in die Verbindungsleitung bei „*a*“ (Fig. 88) einzuschalten.

Da die Ladung der Batterie aber in der Regel in einer Zeit erfolgt, etwa in den Vormittagsstunden oder kurz vor dem Eintritt des Lichtbedürfnisses, so wird ja im Allgemeinen nur eine ganz minimale Netzbelastung während der Ladung vorhanden sein. Anders gestaltet sich aber die Sache, wenn während der Ladung

etwa grössere Elektromotore zu betreiben wären. Für solche Fälle sind besondere Schaltungen im Gebrauch.

Der Bedienungshergang für die Schaltung Fig. 88 würde sich unter Einhaltung der Reihenfolge folgendermaassen gestalten:

a. Ladung.*)

1) Maschinen - Umschalter auf „*A*“ stellen.

2) Zellenschalter - Ladehebel „*L*“ auf den letzten Kontakt nach rechts stellen. Entladehebel „*E*“ ist stets auf Netzspannung (110 Volt) einzuregulieren.

---

*) Für die *erste Ladung* der zum Betriebe fertig montierten Batterie hat die Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft, Berlin, nachstehende Vorschrift erlassen:

Nachdem die Säure eingefüllt ist, wird sofort die Maschine mit voller, vorgeschriebener Ladestromstärke auf die Batterie geschaltet, und hat die Ladung ohne Unterbrechung 15 Stunden lang zu erfolgen. Steht weniger Ladestrom als der vorgeschriebene zur Verfügung, so muss entsprechend länger geladen werden, und zwar so lange, bis die Batterie diejenige Zahl von Ampèrestunden erhalten hat, welche sich aus dem Produkt 15 Stunden × vorgeschriebene Ladestromstärke ergiebt. Beträgt z. B. der vorgeschriebene Ladestrom 100 Ampère, so sind zunächst 15 Stunden × 100 Ampère = 1500 Ampèrestunden in die Batterie hineinzuladen. Stehen jedoch nur 75 Ampère von der Maschine aus zur

3) Maschine in Betrieb setzen.

4) Akkumulatorenspannung durch Einstellen des Voltmeter-Umschalters auf Kontakt „*3*“ ermitteln.

5) Maschine mit Hilfe des Nebenschlussregulators auf etwa 3—5 Volt höhere Spannung bringen, was durch Einstellen des Voltmeter-Umschalters auf Kontakt „*1*“ kontrolliert wird, dann erst:

6) Automatischen Minimal-Ausschalter schliessen, womit die „Ladung“ beginnt.

7) Nach Einschaltung der Ladung ist auf normale Ladestromstärke mit Hilfe des Nebenschlussregulators zu regulieren, Voltmeter-Umschalter wird auf Kontakt „*2*“ (Lichtnetz) ge-

---

Verfügung, so ist 1500 : 75 = 20 Stunden lang zu laden u. s. w.

Nachdem die Batterie in dieser Weise geladen ist, wird die Ladung unterbrochen und wird alsdann die Batterie vollständig von der Maschine und dem Leitungsnetz abgeschaltet, sodass die Elemente weder Strom erhalten noch abgeben können und bleibt die Batterie in diesem Ruhezustand eine Stunde lang oder länger stehen. Nunmehr wird wiederum mit voller Stromstärke bis zur lebhaften Gasentwickelung geladen, dann die Batterie abermals abgeschaltet und wieder eine Stunde im Ruhestand stehen gelassen.

Sodann folgen weitere Ladungen mit darauffolgenden einstündigen Ruhepausen und zwar solange, bis die Batterie, wenn man zur Ladung mit voller Stromstärke einschaltet, sofort nach dem Einschalten kräftig Gas

stellt und am Entladehebel des Zellenschalters mit fortschreitender Ladung die Netzspannung (von 110 Volt) festgehalten.

b) Abstellen der Ladung.*)

1) Nebenschlussregulator bis in die Unterbrechungsstellung herunter regulieren; der automatische Maximalausschalter schaltet hierbei selbstthätig die Maschine ab.

---

entwickelt. Während der Ruhepausen darf die Batterie unter keinen Umständen Strom erhalten oder abgeben.

Der Monteur muss zunächst den Ladebogen sorgfältig ausfüllen, sodann auf demselben ganz genau die Angaben über die erste Ruhepause, die darauffolgende Ladung, die zweite Ruhepause u. s. f. bemerken, sodass das Zentral-Bureau in der Lage ist, den Verlauf der ganzen Ladung und der Ruhepausen kontrollieren zu können.

Erst dann, nachdem die Batterie sofort beim Einschalten der Maschine zur Ladung kräftig Gas entwickelt, darf, falls dies verlangt wird oder vorgeschrieben ist, eine Kapazitätsprobe ausgeführt werden.

*) Die tägliche Ladung gilt als beendet, wenn in sämtlichen Zellen eine lebhafte Gasentwickelung eingetreten ist. Da die letzten am Zellenschalter liegenden Zellen nur zur Regulierung der Netzspannung für die Entladung herangezogen werden, so sind diese letzten Zellen auch wieder früher geladen als die übrige Batterie. Man schaltet deshalb mit dem Ladehebel allmählich die geladenen Zellen ab, sobald sich der geladene Zustand zu erkennen giebt. (Vergl. Band I Seite 190.)

2) Ladehebel des Zellenschalters „*L*“ auf letzten Kontakt nach rechts stellen; Entladehebel „*E*“ auf 110 Volt einstellen.

3) Maschinen-Umschalter „*M. U.*“ unterbrechen.

4) Maschine abstellen.

c) Parallelbetrieb.

1) Dynamo in Betrieb setzen.

2) Maschinen-Umschalter „*M. U.*“ auf „*L*“ (Lichtnetz) einschalten.

3) Netzspannung kontrollieren (muss konstant 110 Volt sein.*)

---

*) Wenn man von einer elektrischen Anlage an benachbarte Konsumenten, welche vertragsmässig eine nach Möglichkeit konstante Betriebsspannung fordern dürfen, Strom für elektrische Beleuchtung ihrer Wohnräume abgiebt, so ist es bisweilen wünschenswert, durch ein automatisch wirkendes Alarmsignal den Maschinisten zur Regulierung der Spannung an die Schalttafel zu rufen, sobald die Spannung sich zu weit von ihrer Normalen entfernt hat. Dieses Signal kann dem Maschinisten optisch durch Aufglühen farbiger Signallampen oder akustisch durch Auslösung eines elektrischen Läutewerkes, eventuell auch durch ein kombiniertes optisch-akustisches Signal gegeben werden, unter Einschaltung eines Kontakt- oder Signal-Voltmeters in den entsprechenden Stromkreis der Schalttafel. Die Firma Hartmann & Braun in Bockenheim-Frankfurt a. M. hat solche Signal-Voltmeter auf den Markt gebracht.

4) Dynamo mit Hilfe des Nebenschlussregulators auf 3–5 Volt höhere Spannung bringen, dann,

5) Automatischen Minimal - Ausschalter schliessen.

6) Nach dem Parallelschalten ist dann die Dynamo mit Hilfe des Nebenschlussregulators so einzuregulieren, dass sie bis zu ihrer Maximalleistung die Netzbelastung übernimmt, damit der Akkumulator mit seinem teureren Strom möglichst geschont bleibt.

In ähnlicher Weise vollzieht sich der Bedienungshergang der meisten Akkumlatorenanlagen. Da die Schaltung Fig. 88 als Normalschaltung am häufigsten in der Praxis Verwendung findet, so ist mit Vorstehendem der Bedienungshergang für diese gegeben.

Es empfiehlt sich sehr und ist durchaus zweckmässig, die einzelnen Kontaktstellungen der Schalter bestimmungsgemäss durch Emailleschildchen zu bezeichnen, sodass ein Missgriff in der Schaltung nicht leicht möglich ist.

Die elektrotechnischen Installationsfirmen liefern übrigens auf Wunsch jederzeit für die von ihnen eingerichteten Anlagen die hierfür erforderlichen Bedienungsvorschriften.

Da die verschiedenen Akkumulatoren-Anlagen meistens mehr oder weniger kompliziert sind und durchaus nicht immer genau mit

einander übereinstimmen, so ist es nur zu empfehlen, für jede Anlage dem bedienenden Maschinisten ein Schaltungsschema und eine Bedienungsvorschrift zur sachgemässen Bedienung und zum leichteren Verständnis an die Hand zu geben, denn so ganz allgemein lässt sich der Bedienungshergang der verschiedenen Schaltungen nicht fassen.

Für Akkumulatoren-Anlagen, in denen die Dynamomaschine im Verhältnis zum Akkumulator sehr gross ist, wird es sich zum Schutze des Akkumulators als zweckmässig erweisen, demselben einen automatischen Maximal-Ausschalter vorzuschalten (Fig. 89), welcher den Akkumulator vom Betriebe, sei es während der Ladung oder während der Entladung, abschaltet, sobald die Stromstärke eine für den Akkumulator unzulässige Höhe erreicht.

Für solche Anlagen mit automatischen Maximalausschaltern ist der automatische Minimalausschalter entbehrlich, denn, gesetzt den Fall, es fiele der Riemen von der Riemenscheibe der Dynamo während der Ladung oder während des Parallelbetriebes ab, so würde sich der Akkumulator auf die Dynamo entladen und diese als Motor betreiben. — Sollte hierbei die Stromstärke das für den Akkumulator höchst zulässige Maximum überschreiten, so tritt der automatische Maximalausschalter in Funktion und schaltet den Akkumulator ab. Dauernde

Ströme von unzulässiger Stärke, so wie au[illegible] kürzere, aber kräftige Stromstösse (Kur[illegible] schlüsse) können dem Akkumulator leic[illegible] Schaden bringen, indem sie ein Verziehen d[illegible]

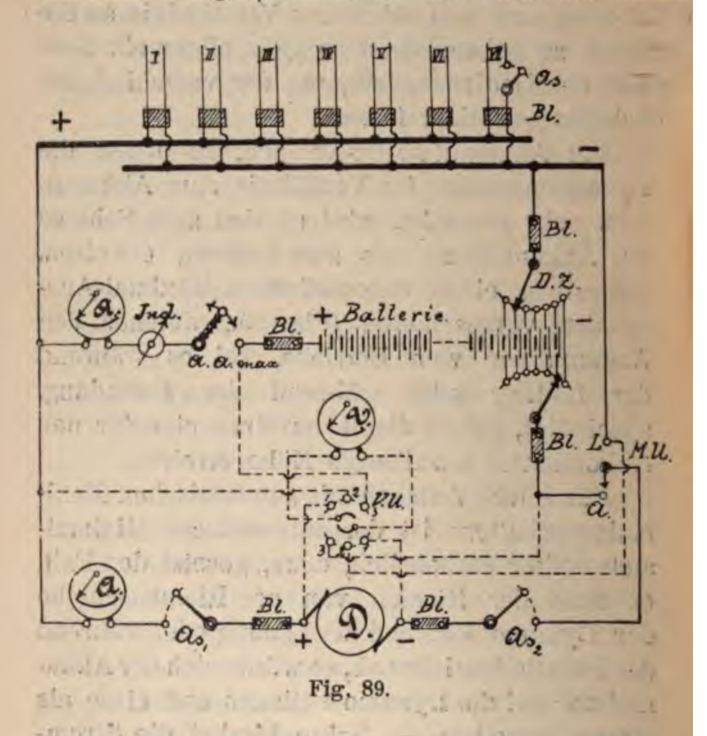


Fig. 89.

Platten verursachen, wodurch wiederum Kurzschlüsse zwischen den Platten unter sich entstehen können und ausserdem die aktive Masse in den Platten bis zum Herausfallen gelockert wird.

Dies alles verhindert der automatische Maximalausschalter, indem er den Akkumulator abschaltet, sobald eine Gefahr infolge Überanspruchung für diesen eintritt.

In der Schaltung nach Fig. 89 wird die Dynamo durch einen gekuppelten doppelpoligen Hebelausschalter „As_1“ und „As_2“ abgeschaltet. Durch diese Abschaltung der Dynamo muss an Stelle des einpoligen Voltmeter-Umschalters, wie in Fig. 88 angegeben, ein doppelpoliger Voltmeter-Umschalter treten.

Im Stromkreis VII (Fig. 89) ist ein grösserer Elektromotor gedacht, welcher während der Ladung abzuschalten wäre, wenn nicht auf die Schaltung nach Fig. 89 verzichtet werden soll.

Eine Schaltung, die eine beliebig grosse Netzbelastung während der Ladung bis zur Maximalleistung der Dynamo gestattet, ist in Fig. 90 angegeben.

Es sei hier vorausgeschickt, dass Schaltung Fig. 90 nicht die beste Lösung dieser Aufgabe und auch nicht einwandsfrei ist; wir werden später sehen, dass es vorteilhaftere Schaltungen giebt, die den gleichen Zwecken dienen, wie die Schaltung nach Fig. 90. Wenn aber z. B. für eine Anlage nach Fig. 88 und 89 später eine grössere Netzbelastung während der Ladung gewünscht wird, so dürfte sich die Lösung nach Fig. 90 immerhin zur Beachtung empfehlen.

Die Schaltung Fig. 90 stimmt im Grossen und Ganzen durchaus mit der Schaltung Fig. 89 überein, nur ist zu den zwischen den beiden Zellenschalterhebeln liegenden Zellen ein Neben-

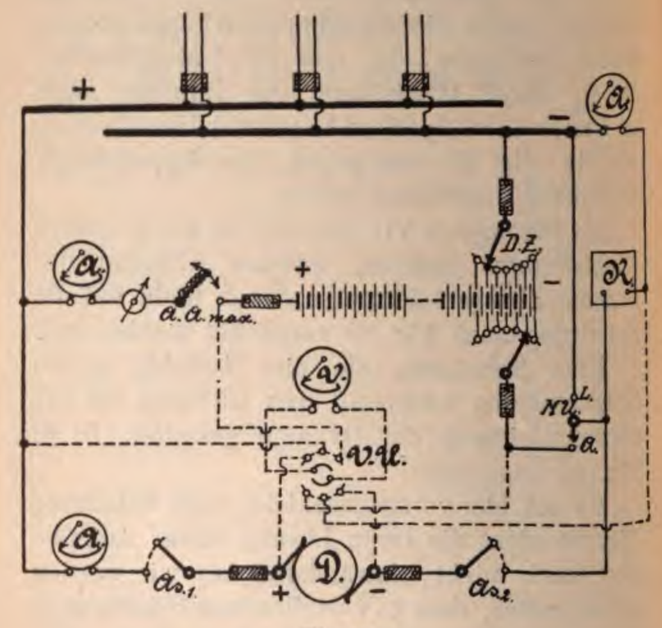


Fig. 90.

schluss mit Hauptstrom-Regulator und Ampèremeter vorgesehen. Mit Hilfe des Hauptstrom-Regulators kann man bei beliebiger Netzbelastung während der Ladung die Strom-

stärke für die zwischen den Zellenschalterhebeln liegenden Zellen auf normale Ladestromstärke bezw. auf die gleiche Stromstärke halten, mit welcher man die Batterie zu laden beabsichtigt. Die Grösse des Hauptstromregulators ist abhängig von der während der Ladung auftretenden höchsten Netzbelastung.

Als Dynamomaschine ist für die Schaltung Fig. 90 ebenso wie für Figg. 88 und 89 eine Nebenschlussmaschine mit variabeler Spannung erforderlich; also mit 65—90, 110—160 oder 220—320 Volt, je nachdem die Anlage mit 65, 110 oder 220 Volt Spannung betrieben werden soll.

Den gleichen Zweck, die Ermöglichung einer höheren Netzbelastung während der Ladung, könnte man auch dadurch erreichen, indem man für die Schaltzellen der Batterie also bei Normalschaltungen für $^1/_3$ der ganzen Batterie, eine entsprechend grössere Elementtype und einen entsprechend grösseren Zellenschalter wählt; indessen stellen sich hierbei wieder Unbequemlichkeiten bei der Aufladung der grösseren Schaltzellen ein. Diese Lösung ist deshalb ebenso wie die Schaltung Fig. 90 mehr als Notbehelf zu betrachten, im Allgemeinen wird man, sobald während der Ladung eine höhere Netzbelastung, wie namentlich auch grösserer Elektromotorbetrieb gewünscht wird, zu anderen Schaltungen greifen müssen, und zwar wird man entweder zu der uns bereits be-

kannten Normalschaltung eine Zusatzdynamo wählen (Fig. 91) oder man wird statt einer grossen Betriebsmaschine zwei kleinere Maschinen wählen für Leistungen, deren Summe gleich der Leistung der grossen Maschine ist. (Fig. 92.)

Akkumulatorenschaltungen mit mehreren Maschinen.

Schaltung (Fig. 91) ist eine normale Akkumulatorenschaltung mit Zusatzdynamo. Die Hauptmaschine ist Nebenschlussdynamo für konstante Spannung oder Kompounddynamo, die Zusatzmaschine dagegen Nebenschlussdynamo für variable Spannung.

Die Zusatzdynamo kann in direkter Kuppelung durch Elektromotor angetrieben werden, oder aber auch durch Riemen von einer etwa vorhandenen Transmission. Auch kann man die Hauptdynamo statt mit einer Riemenscheibe mit zwei Riemenscheiben ausrüsten, von denen je eine auf jeder Seite der Dynamo angebracht ist. Die Riemenscheibe auf der Kollektorseite könnte dann zum Antriebe der Zusatzdynamo dienen, während die eigentliche Riemenscheibe der Dynamo sowohl als auch der Riemen nunmehr auch die Kraft für die Zusatzdynamo mit zu übertragen hätte. Diese letztere Anordnung ist jedenfalls weniger empfehlenswert als die beiden ersten Anordnungen.

Bei einer Betriebsspannung von 110 Volt ist für die Zusatzdynamo eine Spannung von maximal 50 bis 60 Volt erforderlich; es ist

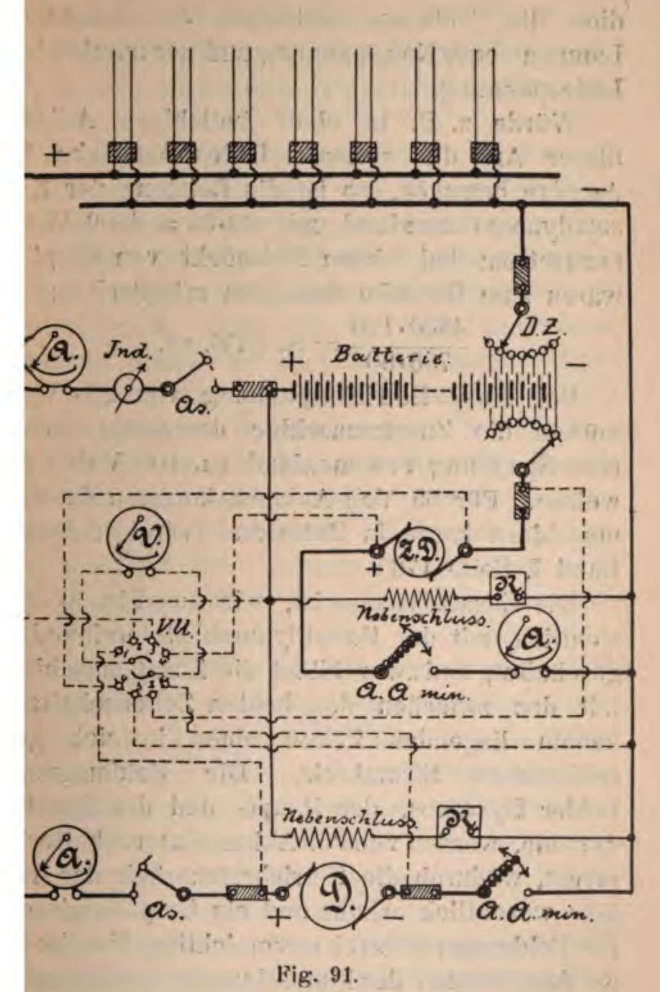

+
−
D.Z.
Ind.
Batterie.
+
−
As.
V.U.
Z.D.
+
−
Nebenschluss.
A.A min.
Nebenschluss.
D.
As.
+
−
A.A. min.

Fig. 91.

dies die Differenz zwischen der normalen Lampen- oder Netzspannung und der maximalen Ladespannung.

Würde z. B. in einer beliebigen Anlage dieser Art die normale Ladestromstärke 80 Ampère betragen, so ist die Leistung der Zusatzdynamo maximal mit $60 \cdot 80 = 4800$ Watt anzusetzen; bei einem Nutzeffekt von 80 pCt. wären zum Betriebe derselben erforderlich:

$$\frac{4800 \cdot 100}{736 \cdot 80} = \sim 8 \text{ PS. eff.}$$

Bei einer Betriebsspannung von 220 Volt müsste die Zusatzmaschine dementsprechend eine Spannung von maximal ca. 100 Volt aufweisen. Für 65 Volt-Anlagen kommen Zusatzmaschinen kaum in Betracht. (vergl. Tabelle, Band I, Seite 176.)

Die Zusatzdynamo ist, wie aus Fig. 91 ersichtlich, mit der Hauptdynamo hintereinander geschaltet, und zwar bildet die Zusatzmaschine mit den zwischen den beiden Zellenschalterhebeln liegenden Zellen einen in sich geschlossenen Stromkreis. Die Feldmagnete beider Dynamos, der Haupt- und der Zusatzdynamo, werden von der Akkumulatorenbatterie erregt, wodurch die Betriebssicherheit der Anlage wesentlich erhöht und ein Umpolarisieren der Feldmagnete durch unvorsichtiges Hantieren an den Bürsten der hintereinander geschalteten Dynamos ausgeschlossen wird.

Der Voltmeter-Umschalter in Fig. 91 ist für vier Kontaktstellungen vorgesehen, wodurch vier Messungen ermöglicht werden, und zwar auf:

Kontakt 1) Spannung der Hauptdynamo.
Kontakt 2) Spannung des Akkumulators.
Kontakt 3) Spannung des Lichtnetzes.
Kontakt 4) Spannung der Zusatzdynamo.

Es möchte sich aber wohl empfehlen, an Instrumenten nicht gar zu sehr zu sparen, sondern lieber ein oder zwei Voltmeter mehr anzuwenden, wodurch die Bedienung der Schaltanlage immerhin erleichtert wird. In Schaltung 91 würde es sich z. B. empfehlen, für die Zusatzmaschine schon wegen der geringeren Spannung ein besonderes Voltmeter zu verwenden und den Voltmeter-Umschalter demgemäss nur für 3 Kontaktstellungen vorzusehen.

Die Zusatzdynamo ist selbstverständlich nur während der Ladung im Betriebe; sie wird abgeschaltet in derselben Weise wie die Hauptdynamo durch einen automatischen Minimalausschalter, welcher auch bei infolge irgend einer Störung „auftretendem“ Rückstrom aus der Batterie auf die Dynamo eine Unterbrechung herbeiführen soll.

Die Schaltung Fig. 92 ist eine normale Akkumulatorenschaltung mit zwei parallelgeschalteten gleich grossen oder auch ungleich

grossen Dynamos. Jede dieser beiden Dynamos kann beliebig sowohl für die Akkumulatoren-

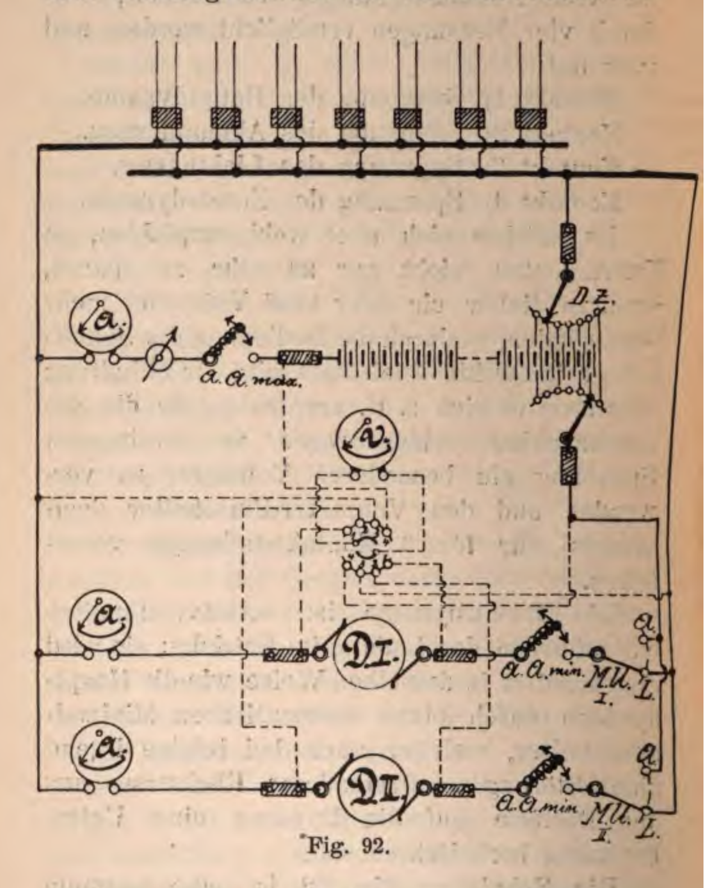


Fig. 92.

ladung wie für den Netzbetrieb verwendet werden, und zwar ganz unabhängig von einander. Beide

Dynamos sind Nebenschlussmaschinen für variabele Spannung. Durch die beiden Maschinen-Umschalter „$M_I U$“ und „$M_{II} U$“ kann jede der beiden Maschinen beliebig zur Ladung mit variabeler Spannung oder zum Netzbetriebe mit konstanter normaler Lampenspannung betrieben werden.

Dynamo I soll beispielsweise die Ladung besorgen, Dynamo II den Netzbetrieb, so ist „$M_I U$“ auf „A“, also nach oben und „$M_{II} U$“ auf „L“, also nach unten zu schalten. Sollen nach beendigter Ladung beide Dynamos parallel auf das Netz geschaltet werden, so ist nach der in bekannter Weise vorzunehmenden Abstellung der Ladung auch Maschine II auf „L“ zu schalten. Das Parallelschalten erfolgt, indem man die hinzuzuschaltende, unbelastete Maschine auf eine etwa um 3—5 Volt höhere Spannung bringt, als die im Betriebe befindliche, belastete Maschine. (Vergl. Band I, Seite 88—92.)

Im Übrigen deckt sich die Schaltung Fig. 92 in allen Punkten mit den vorbeschriebenen Normalschaltungen Figg. 88 und 89.

Auch für die Schaltung Fig. 92 wäre es zu empfehlen, an Stelle des gezeichneten einen Voltmeters deren zwei oder drei anzuwenden, z. B. je eines für jede Dynamo und ein drittes Voltmeter mit Umschaltung für die Netzspannung und für die Akkumulatorenspannung.

Die Maschinen - Umschalter sind entweder Kurbelumschalter mit Unterbrechung, wie gezeichnet, oder wie in den früheren Schaltungen Hebel-Umschalter, was das gebräuchlichere.

Wegen der beiden parallel geschalteten Maschinen muss trotz des automatischen Maximalausschalters für die Batterie jeder Dynamo zum Schutze gegen Rückstrom ein automatischer Minimalausschalter vorgeschaltet werden, um zu verhindern, dass beim Eintritt einer Störung oder infolge Unachtsamkeit bei der Regulierung die eine Dynamo von der anderen als Motor betrieben wird.

Die Schaltung Fig. 92 empfiehlt sich für Akkumulatorenanlagen mit sehr grosser Maschinen-Leistung, die man aus wirtschaftlichen Rücksichten schon vorteilhafter in zwei oder mehrere Teile, also auf mehrere Maschinen verteilt. Man hat auch in dieser Schaltung bei Eintritt eines Maschinendefektes immer den nicht zu unterschätzenden Vorteil einer gewissen Maschinenreserve.

Akkumulatoren-Reihenschaltungen.

Fig. 93 stellt eine Reihenschaltung dar, genau wie dieselbe bereits im Band I Seite 197—205 beschrieben wurde mit Bezug auf Fig. 60. Die Schaltung Fig. 93 unterscheidet sich von der Schaltung Fig. 60 nur dadurch, dass der ersteren die für den regelrechten Betrieb der Anlage erforderlichen Instrumente und Apparate eingefügt sind. Im Übrigen sei

hiermit auf die erwähnten Ausführungen und Erläuterungen im Band I hingewiesen.

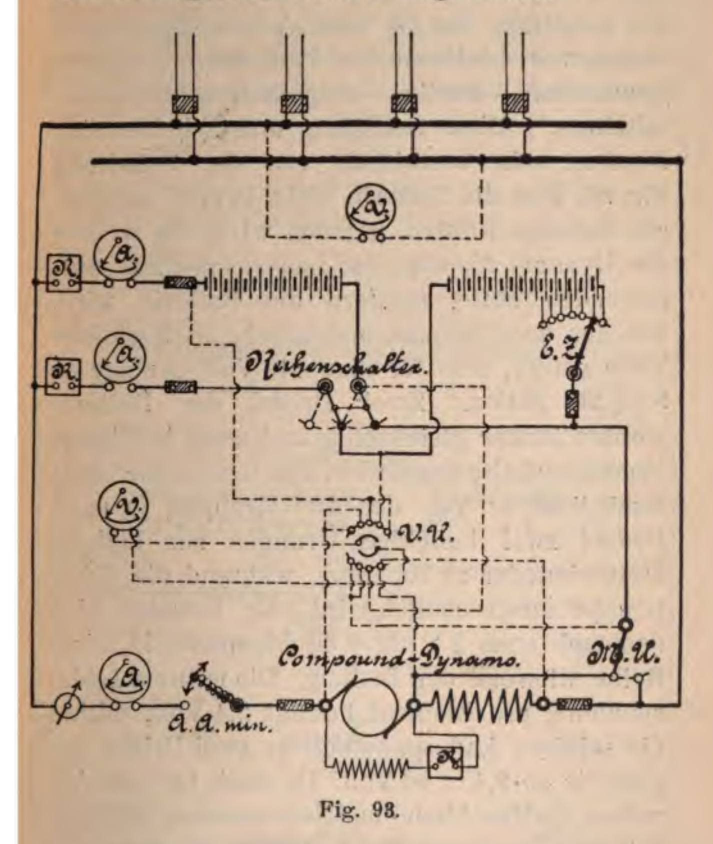


Fig. 93.

Als Reihenschalter kann eventuell jeder doppelpolige Umschalter (Kurbel- oder Hebelumschalter) Verwendung finden.

Die in Fig. 94 dargestellte Schaltung ist eine Gruppenschaltung für den gleichen Zweck wie Schaltung Fig. 93 unter Verwendung eines neuen, von der Firma Dr. Paul Meyer, Aktiengesellschaft, Berlin, eingeführten Gruppenschalters.*) Diese Schaltung unterscheidet sich insofern sehr vorteilhaft von der Schaltung Fig. 93, dass die Batterie nicht in zwei parallelgeschalteten Hälften geladen wird, für welche die Dynamo die doppelte Ladestromstärke aufzuwenden hätte, sondern die Batterie wird, wie aus dem Schema ersichtlich, in 3 gleiche Teile geteilt, also für eine 110 Volt - Anlage in 3×20 Zellen. Zwei Drittel der Batterie werden immer gleichzeitig und zwar in Hintereinanderschaltung geladen. Der Gruppenschalter ermöglicht es von den drei Gruppen je nach Bedarf zwei beliebige Gruppen zur Ladung hintereinander zu schalten, während die dritte Gruppe ausgeschaltet wird. Es befinden sich demnach stets $2 \times 20 = 40$ Elemente in *einer* Reihe während der Ladung. Die mittlere Ladespannung pro Element beträgt 2,4 Volt, mithin die mittlere Ladespannung für zwei Drittel der Batterie $40 \cdot 2{,}4 = 96$ Volt. Da nach unserer Annahme die Maschinen- und Netzspannung konstant 110 Volt betragen soll, so sind in dem vor-

---

*) Vergl. Elektrotechnische Zeitschrift 1900, Heft 31 und 37.

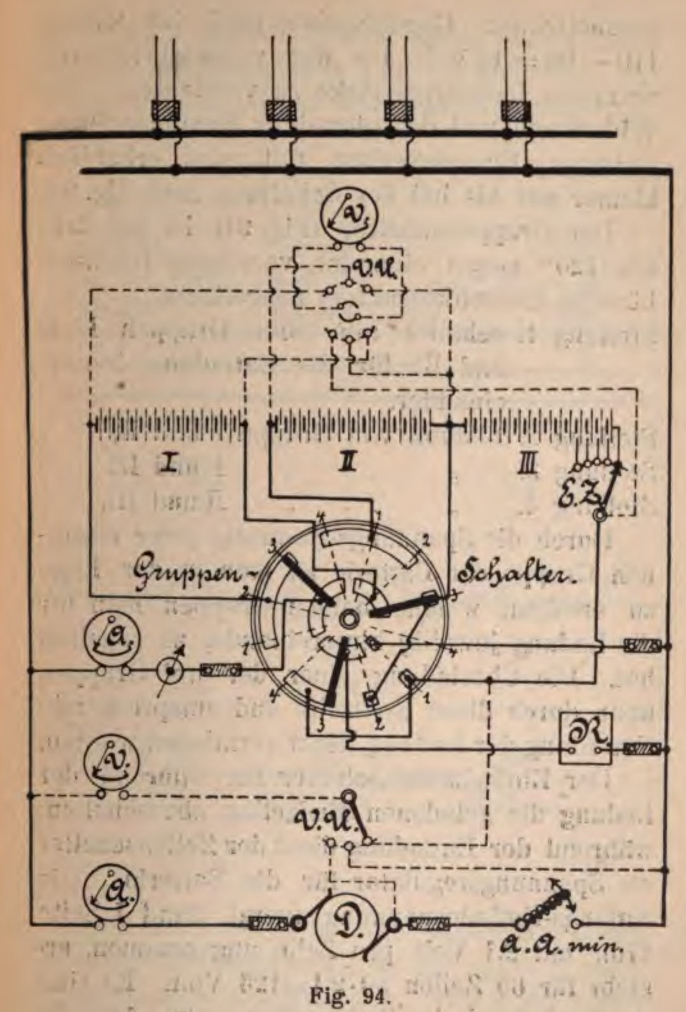


Fig. 94.

zuschaltenden Regulierwiderstand im Mittel: 110 — 96 = 14 Volt bei der vorgeschriebenen normalen Ladestromstärke zu vernichten. Der Widerstand und der hiermit in Zusammenhang stehende Energieverlust fällt also erheblich kleiner aus als bei der Schaltung nach Fig. 93.

Der Gruppenschalter (Fig. 94) ist mit drei um 120° gegen einander versetzten Kontaktbürsten (Schleifkontakten) ausgerüstet.

Stellung 1. schaltet alle drei Gruppen I, II und III für die Entladung hintereinander,
Stellung 2. Ladung von Gruppe I und II,
Stellung 3. „ „ „ I und III,
Stellung 4. „ „ „ II und III.

Durch die Spannungs-Kontrolle jeder einzelnen Gruppe der Batterie ist man in der Lage zu ersehen, welche beiden Gruppen man für die Ladung jeweilig hintereinander zu schalten hat. Die Überladung einer der drei Gruppen kann durch diese Kontrolle und entsprechende Einteilung der Ladung leicht vermieden werden.

Der Einfachzellenschalter hat während der Ladung die geladenen Endzellen abzuschalten; während der Entladung dient der Zellenschalter als Spannungsregulator für die Batterie. Die Anfangs-Entladespannung (vergl. Band I Seite 176), mit 2,1 Volt pro Zelle angenommen, ergiebt für 60 Zellen 60·2,1=126 Volt. Es sind demnach durch den Zellenschalter 126—110=16

Volt oder rund 8 Zellen abzuschalten. Der Einfach-Zellenschalter ist demgemäss für Schaltung Fig. 94 mit 9 Kontakten auszurüsten.

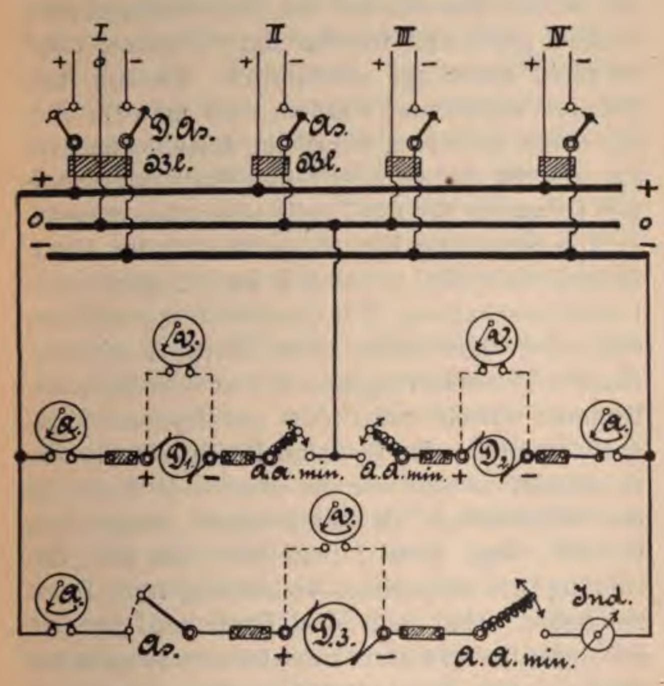


Fig. 95.

Dreileiterschaltungen.

Das Schema Fig 95 stellt eine komplet ausgerüstete Dreileiterschaltung dar mit zwei parallelen Maschinen-Aggregaten. Das erste Aggregat, die beiden hintereinander geschalteten

kleineren Dynamomaschinen „D_1“ und „D_2“ stellen das Dreileitersystem her, während das zweite Aggregat, die grössere Dynamo „D_3“ mit doppelter Spannung, also mit der Spannung der beiden Aussenleiter, den ersteren Maschinen parallel geschaltet werden soll. Dynamo „D_3“ ist nicht unbedingt erforderlich. Es soll nur dadurch angedeutet werden, dass man für Anlagen mit mehreren parallelen Maschinenaggregaten nicht immer zwei hintereinander geschaltete Dynamos für das Dreileitersystem braucht.

Die Schaltung Fig. 95 deckt sich im Allgemeinen mit der in Band I Fig. 32 gegebenen Dreileiterschaltung. Für diese letztere Schaltung war aber ausserdem eine dritte Dreileiter-Reserve-Dynamo vorgesehen. Um diese Reserve-Dynamo sowohl an Stelle der Dynamo I als auch an Stelle der Dynamo II eintreten lassen zu können, musste für die Reserve-Dynamo III der doppelpolige Hebelumschalter vorgesehen werden (vergl. Band I Seite 93). Um über die Bildung des Dreileiters vollständig freie Hand zu haben, sind alle drei Dreileiter-Dynamos mit doppelpoligen Hebelumschaltern ausgerüstet worden. Die für die Dreileiter-Maschinenschaltung (Fig. 32, Band I) erforderlichen Instrumente und Apparate sind aus Fig. 95 zu entnehmen.

Im Stromkreise der grossen Dynamo „D_3“ ist ein Stromrichtungsanzeiger (Indicator) „Ind.“ vorgesehen, um sofort konstatieren zu können,

ob die Dynamo „D_3“ nach dem Parallelschalten auch wirklich als Dynamo und nicht etwa als Motor läuft, was bei Unachtsamkeit des Maschinisten oder bei Ausserachtlassung der nötigen Vorsicht passieren könnte. An Stelle des Indikators, der bisweilen direkt mit dem Ampèremeter unter Benutzung der stromführenden Anschlussschiene desselben konstruktiv verbunden ist, hat man auch Ampèremeter mit zweiseitiger Skala ausgeführt, bei welcher die Ruhestellung des Ampèremeterzeigers in vertikaler Lage in der Mitte der Skala liegt; je nach der Stromrichtung erfolgt ein rechts- oder linksseitiger Ausschlag.

Alle diese Hilfsmittel sind entbehrlich, wenn der Maschinist oder der Schalttafelwärter die nötige Vorsicht und Aufmerksamkeit beim Parallelschalten walten lässt. Ausserdem ist es an den vorhandenen normalen Instrumenten bei einiger Sachkenntnis leicht wahrzunehmen, ob die zugeschaltete Dynamo auch wirklich als Dynamo läuft, denn das Ampèremeter der vorher im Betriebe befindlichen Maschinen würde sofort eine höhere Belastung aufweisen, wenn die grosse Dynamo auch nur mit Leerlauf als Motor eingetreten wäre.

Die von den drei Schienen abzweigenden vier Stromkreise I, II, III und IV (Fig. 95) sollen die verschiedenen Abzweigungsmöglichkeiten darthun.

Stromkreis I ist eine gewöhnliche Dreileiter-Abzweigung für Energiemengen über 1000 Watt.

Stromkreis II und III sind Zweileiter-Abzweigungen mit Normalspannung für Energiemengen unter und bis zu 1000 Watt (10 Glühlampen bis zu 32 Nk.; maximal 100 Watt pro Lampe).

Stromkreis IV ist eine Zweileiter-Abzweigung mit doppelter (Aussenleiter-) Spannung für Elektromotore über 1 PS. eff. oder für 4—6 in Serie geschaltete Bogenlampen.

Schaltung Fig. 96 ist eine Akkumulatoren-Dreileiter-Schaltung mit zwei parallelen Maschinen für die Aussenleiterspannung. Der Mittelleiter (Nullleiter oder Alternativleiter) wird erst am Akkumulator abgenommen.

Diese Schaltung ohne Maschinen-Dreileiter, die man sehr häufig für kleinere Elektrizitätswerke und Blockstationen antrifft, hat den Nachteil, dass bei grösseren Betriebsstörungen in der Akkumulatorenbatterie, die im Allgemeinen gewiss seltener vorkommen als an Maschinen, das Dreileitersystem mit der Ausserbetriebnahme des Akkumulators fällt und somit der ganze Netzbetrieb eingestellt werden muss.

Jede Maschine (Fig. 96) hat einen doppelpoligen Maschinen-Umschalter, welcher, nach unten eingeschaltet, die Maschine auf das Netz

und, nach oben eingeschaltet, die Maschine auf den Akkumulator zur Ladung schaltet.

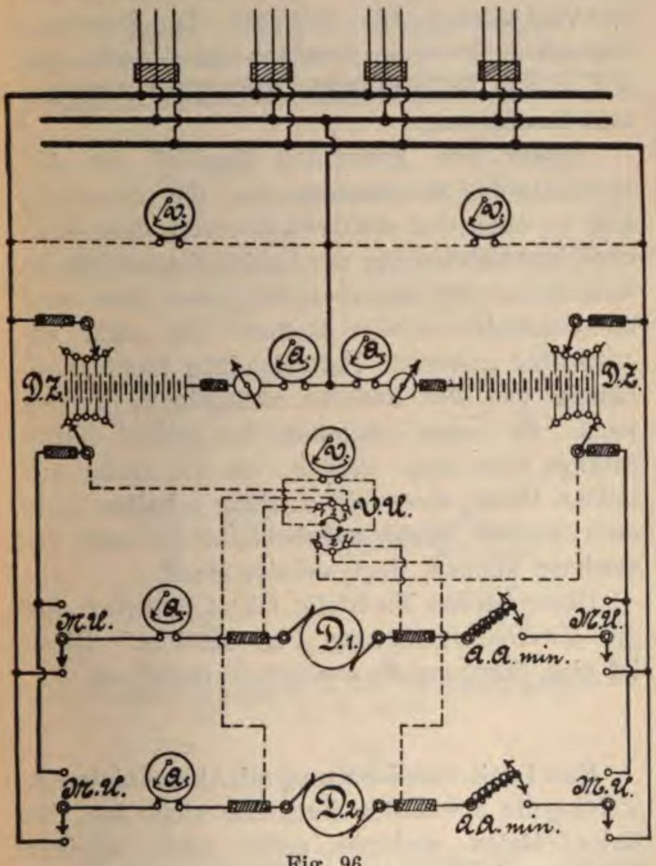


Fig. 96.

Beide Maschinen haben Nebenschlusswickelung und. variabele Spannung und zwar,

wenn die normale Betriebsspannung zwischen einem Aussenleiter und dem Mittelleiter 110 Volt beträgt, 220—320 Volt. Die Schaltung Fig. 96 deckt sich demnach im Prinzip mit der in Fig. 92 gegebenen Zweileiter-Akkumulatorenschaltung.

Ausser dem genannten Nachteil des Akkumulatoren-Mittelleiters hat die Schaltung Fig. 96 noch den weiteren Nachteil, dass nach ungleicher Belastung der beiden Netzhälften im Akkumulatoren-Nachtbetriebe oder überhaupt im Alleinbetriebe der Batterie die mehr beansprucht gewesene Batteriehälfte nicht unabhängig von der anderen nachgeladen werden kann. Es muss vielmehr die andere Hälfte solange überladen werden, bis die mehr entladene Hälfte ihre volle Ladung erhalten hat; dass hieraus nicht unerhebliche Verluste erwachsen können, liegt auf der Hand.

Diese beiden Nachteile fallen natürlich für die Zweileiterschaltung Fig. 92 fort. Diese ist eine durchaus einwandsfreie Schaltung.

Zentral-schaltung.

Eine Dreileiter-Schaltung mit Akkumulatoren, welche die erwähnten Nachteile nicht hat, ist unter vielen anderen mehr oder weniger ähnlichen Schaltungen die vom Verfasser entworfene Zentralenschaltung Fig. 97 mit Zusatzdynamo.

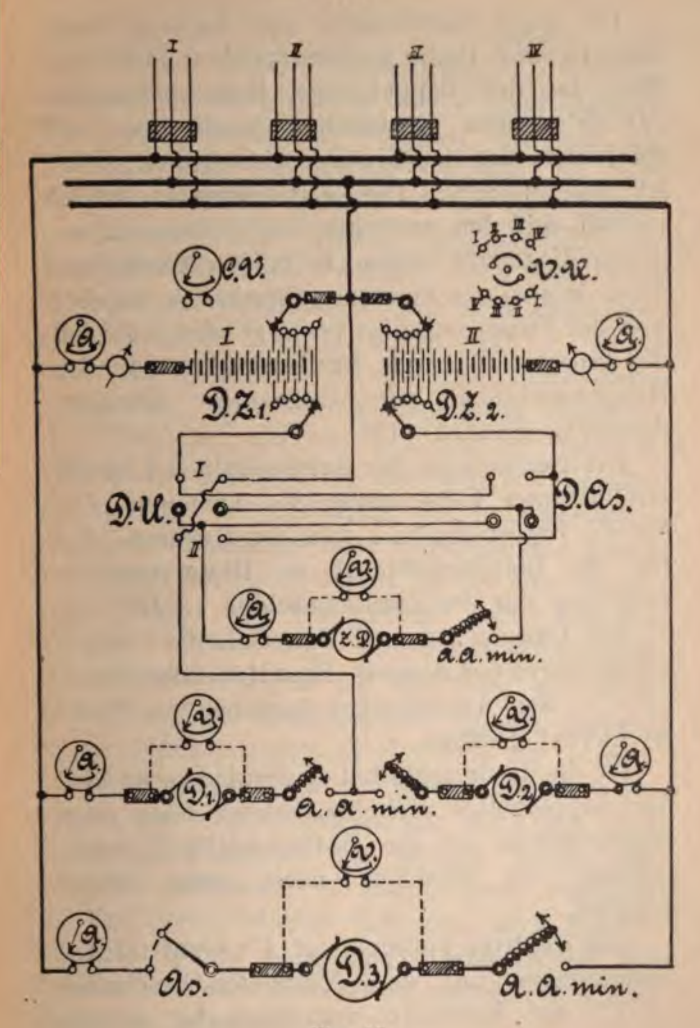

I
II
III
IV
V.U.
I
II
D.Z.1.
D.Z.2.
I
D.U.
D.As.
II
Z.P.
a.a.min.
D1
a.a.min.
D2
D3
As.
a.a.min.

Fig. 97.

Der ganze Akkumulator (also beide Hälften) kann in *einer* Reihe geladen werden; in diesem Falle ist der doppelpolige Hebelausschalter „*D As*“ durch Einschalten nach oben zu schliessen, der doppelpolige Umschalter „*D U*“ ist unterbrochen. Die Zusatzdynamo bildet hierbei mit den zwischen den Zellenschalterhebeln liegenden Zellen in beiden Netzhälften einen in sich geschlossenen Stromkreis, welcher von der Zusatzmaschine versorgt wird, während der grössere Teil der Batteriehälften von den Hauptmaschinen mit konstanter normaler Spannung geladen wird.

Die Nachladung der Batteriehälften I oder II erfolgt unter Verwendung der Dynamo „D_1“ für die Batteriehälfte I und der Dynamo „D_2“ für die Batteriehälfte II in Hintereinanderschaltung mit der Zusatzmaschine „*Z D*“.

Die Umschaltung auf Batteriehälfte I oder II erfolgt durch den doppelpoligen Hebelumschalter „*D U*“; der doppelpolige Ausschalter „*D As*“ ist hierbei geöffnet.

Ist die Batteriehälfte I nachzuladen, so wird der doppelpolige Hebelumschalter nach oben eingeschaltet; ist die Batteriehälfte II nachzuladen, so wird er nach unten eingeschaltet.

Das Kontroll-Voltmeter „*C V*“ dient im Zusammenhang mit dem Voltmeter-Umschalter „*V U*“ zur Kontrolle der Spannung an den

Speisepunkten des mehr oder weniger weitverzweigten Zentral-Leitungsnetzes, welches entweder in oberirdischer oder in unterirdischer Verlegung durch die Strassen des von der Zentrale mit elektrischer Energie zu versorgenden Ortes geführt wird. Die Speisepunkte sind die Konsum-Schwerpunkte im Leitungsnetz. Diese werden unter sich zum Zwecke des Spannungs- und Belastungs-Ausgleichs durch Ausgleichsleitungen ev. durch eine Ringleitung (Fritsches Ringleitungssystem) verbunden. An den Speisepunkten, nicht in der Zentrale, soll die konstant zu haltende Netzspannung herrschen, und zwar soll dieselbe bei richtiger Projektierung des Leitungsnetzes an allen Verteilungs- oder Speisepunkten gleich sein ohne Rücksicht darauf, ob der eine Speisepunkt näher und ein anderer weiter von der Zentrale entfernt liegt. Von den Speisepunkten führen Messleitungen zur Zentrale, und zwar genügt es, die Messleitungen an den Aussenleitern anzuschliessen zur Kontrolle der Aussenleiterspannung. Es würde auch schliesslich genügen, nur einen Speisepunkt, etwa den dem Konsumschwerpunkt des ganzen Netzes am nächsten gelegenen, zu kontrollieren, indessen ist eine vergleichende Kontrolle aller Speisepunkte nur zu empfehlen, insbesondere bei kleinen Zentralen mit verhältnismässig weit verzweigtem Leitungsnetz.

Diese Darlegungen sollen den Zweck des Kontroll-Voltmeters erläutern.

Die in Vorstehendem mitgeteilten Schaltungen erschöpfen zwar das Gebiet der Hauptschaltungen keineswegs, aber sie können immerhin als typische Vertreter ganzer Kategorien gelten. An Hand der gegebenen Schaltungen wird sich der Laie bei einigem Interesse wohl in diese Materie hineinarbeiten können, andererseits ist dem Techniker und dem projektierenden Ingenieur hiermit wohl das Wichtigste, was die heutige Gleichstromtechnik an grundlegenden Schaltungen besitzt, gegeben in einer Zubereitung, wie es für die Praxis brauchbar ist.

b) Elektromotorbetriebe.

Allgemeines.

Wie die Nebenschlussmaschine die bei Weitem wichtigste und verbreitetste elektrische Betriebsdynamo für Gleichstrom-Anlagen ist, so ist auch der Nebenschlussmotor der wichtigste und fast allgemein gebräuchliche elektrische Betriebsmotor.

Neben der Nebenschlussdynamo empfiehlt sich für einzelne Anlagen hie und da die Compounddynamo, während die Seriendynamo nur verhältnismässig selten und nur in aussergewöhnlichen Fällen in die Erscheinung tritt.

Unter den Elektromotoren dagegen ist es mehr der Serienmotor, welcher sich hie und da neben dem Nebenschlussmotor empfiehlt, während der Compoundmotor nur vereinzelt auftritt.

Der Serien- oder Hauptstrom-Motor hat sich für den Betrieb von Aufzügen, Krähnen, Pumpen etc. meist in direkter Kuppelung eine durchaus ernst zu nehmende Beachtung verschafft. Zum Anlassen des Hauptstrommotors in den genannten Betrieben ist sowohl der gewöhnliche Anlasser (beim Hauptstrommotor eigentlich nur ein Hauptstromregulator), als auch der a. a. O. bereits erwähnte Kontroller im Gebrauch.

Für den Betrieb elektrischer Bahnen findet als „Trammotor" fast ausschliesslich der Serienmotor in Verbindung mit dem Kontroller Verwendung.*)

Der Nebenschlussmotor aber ist der in allen industriellen Gebieten dominierende elektrische Betriebsmotor, weshalb auch in Nachstehendem überall, wo nicht ausdrücklich ein anderer Motor genannt ist, der Nebenschlussmotor zu verstehen ist.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass die für den Betrieb einer Arbeitsmaschine erforderliche Motorleistung von den Fabrikanten von Arbeitsmaschinen in der Regel zu gering angegeben wird, um den Wirkungsgrad der Arbeitsmaschine möglichst günstig darzustellen, was aus Konkurrenz-Gründen wohl zu verstehen ist. Die Unzuträglichkeiten aber, die sich

---

*) Als Spezialwerk für elektrische Bahnen ist zu empfehlen: M. Schiemann. „Bau und Betrieb elektrischer Bahnen". II Bände. Leipzig 1900.

daraus ergeben, kann nur der beurteilen, der solche Erfahrungen selbst gemacht hat.

Es ist, was auf der anderen Seite nicht verkannt sein soll, für Werkzeugmaschinen, insbesondere für Holz- und Metallbearbeitungsmaschinen, wohl bisweilen recht schwierig, den zum Betriebe erforderlichen mechanischen Effekt in feststehenden Werten anzugeben; denn dieser hängt nicht unwesentlich von der Arbeitsweise des an der Maschine arbeitenden Arbeiters, als auch von der Beschaffenheit der zu bearbeitenden Stücke ab.

Für derartige Elektromotor-Anlagen wäre die Verwendung einer automatischen Maximalausschaltung zum Schutze des Motors wohl am Platze.

Gerade der Elektromotor setzt uns in den Stand, durch Einschaltung eines Ampèremeters in die Haupt-Zuleitung zum Elektromotor den Energieverbrauch in leichter, sicherer und einwandsfreier Weise zu ermitteln.

Der Anlasser und die Geschwindigkeitsregulierung.

Wie bei der Dynamomaschine sind die langsam laufenden Elektromotore ebenfalls grössere Motortypen.

Innerhalb gewisser Grenzen lässt sich die Tourenzahl jedes Motors variieren. Die Geschwindigkeitsregulierung erfolgt nach der bereits im Band I gegebenen Formel:

$$n = \frac{e}{l \cdot z}$$ (vergl. Band I, Seite 65*)

---

*) Als Spezialwerk über elektrische Kraftübertragung ist u. A. zu empfehlen:
G. Kapp. „Elektrische Kraftübertragung“. Leipzig 1898.

Danach kann man die normale Tourenzahl des Motors auf zweierlei Art regulieren. Einmal kann man die normale Tourenzahl des Motors durch Regulierung des Hauptstromes vermindern. Diese Regulierung erfordert grosse Anlassapparate für dauernde Beanspruchung. Das andere Mal kann man die normale Tourenzahl des Motors durch Regulierung des Nebenschlusses erhöhen. Dieses letztere Reguliermittel ist das empfehlenswertere und auch gebräuchlichere. Auch kann man beide Reguliermittel für ein und denselben Motor kombinieren und Anlasser konstruieren, welche sowohl die normale Tourenzahl des Motors durch Hauptstromregulierung vermindern, als auch durch Nebenschlussregulierung erhöhen können.

In den meisten Betrieben läuft der aufgestellte Elektromotor indessen immer mit einer und derselben Tourenzahl. Der Anlasser wird für diese allgemeinen Fälle nur für eine vorübergehende Beanspruchung bemessen, damit derselbe nicht zu gross ausfällt. Erfolgt die Inbetriebnahme mit unbelastetem Anlauf des Motors, so kann der Anlasser noch kleiner dimensioniert werden, als wenn die Inbetriebnahme unter Last, also mit belastetem Anlauf erfolgt.

Viele Installationsfirmen machen darin indessen keinen Unterschied, sondern bringen nur Anlasser

„für belasteten Anlauf“ auf den Markt, was auch durchaus zu billigen ist, denn einerseits ist in vielen Fällen der Anlauf „mit Last“ und „ohne Last“ nicht so scharf auseinander zu halten, und andererseits ist die Kostendifferenz der beiden verschiedenen

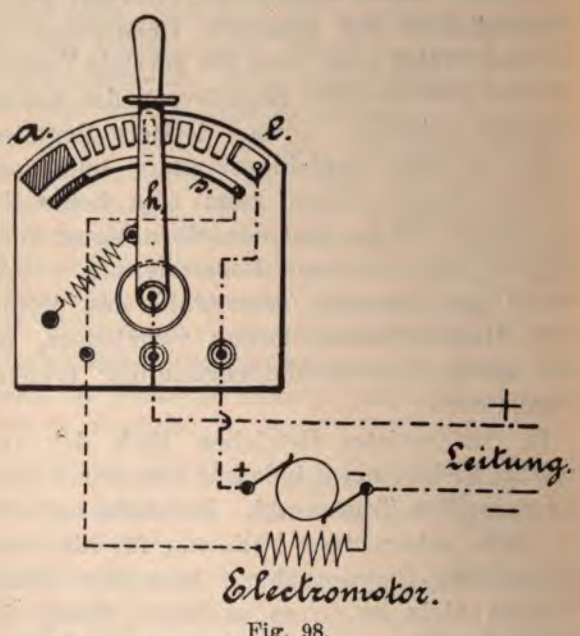


Fig. 98.

Anlasser - Ausführungen zu unbedeutend, um in zweifelhaften Fällen überhaupt ernstlich in Erwägung gezogen zu werden.

Das **Einschalten** des Motors soll stets **langsam** erfolgen, das **Ausschalten** dagegen

soll bei Anlassern für vorübergehende Beanspruchung schnell erfolgen, damit der Motor nicht zur Ruhe kommt, bevor die Ausschaltestellung erreicht ist. Bei Anlassern mit Hauptstromregulierung kann auch die Ausschaltung langsam erfolgen.

Bei den modernen Anlasser-Konstruktionen ist durch Anbringung einer starken Spiral- oder Blattfeder eine Einrichtung getroffen, den Hebel beim Abstellen des Motors schnell in die Ausschaltestellung zu dirigieren. Diese Einrichtung hat auch ausserdem den grossen Vorteil, dass es ganz unmöglich wird, den Hebel in einer Zwischenstellung stehen zu lassen, was bei Anlassern für vorübergehende Beanspruchung eine unzulässige Erwärmung des Anlassapparates zur Folge haben würde. (Fig. 98.)

Der Hebel hat eine dauernde Kontaktstelle entweder links in der Ausschaltestellung „*a*“ oder rechts in der Betriebs- oder Einschaltestellung, „*e*“, nie aber in einer Zwischenstellung; eine Ausnahme machen hierin die Anlasser mit Hauptstromregulierung, welche auch andere Konstruktionen aufweisen.

In der eingeschalteten Stellung wird der Hebel, sei es durch eine Blattfeder über dem Kontakt oder durch einen federnden Fixierstift festgehalten.

Der Anlasser, Fig. 99, dessen Hebel ebenfalls, wie auch die folgenden, durch eine Feder

in die Ausschaltestellung zurückgeschnellt werden soll, besitzt in der Elektromagnetspule „*s*“ eine automatische Nullstrom - Ausschaltung. Der Elektromagnet wird durch den Nebenschlussstrom erregt und hält den eingeschalteten Hebel in der Einschaltestellung fest. Wird

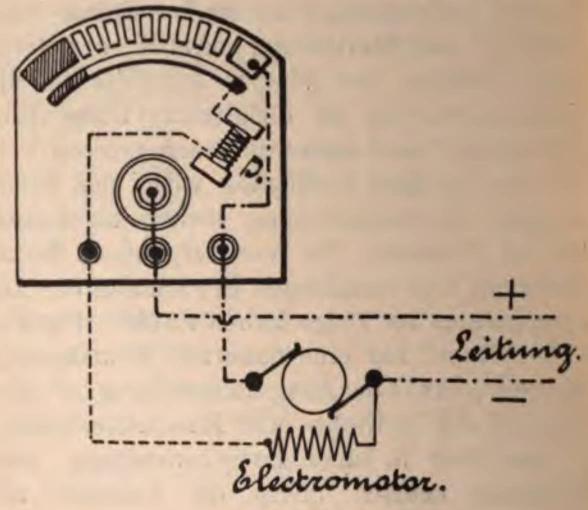


Fig. 99.

z. B. die stromliefernde Dynamo in dem entfernt liegenden Maschinenhause abgestellt, oder hört aus irgend einem Grunde, etwa infolge einer Störung im Maschinenhause, die Stromlieferung auf, so wird der Elektromagnet stromlos und lässt den Hebel des Anlassers los, der dadurch in die Ausschaltestellung zurückschnellt.

Die automatische Nullstromausschaltung soll verhüten, dass der Motor bei plötzlicher Stromunterbrechung in der eingeschalteten Stellung verbleibt, wodurch bei der plötzlichen Wiederkehr des Stromes der Motor ohne Widerstand unter Strom gesetzt werden würde, was dem Motor leicht einen Defekt eintragen könnte.

Dadurch, dass der Elektromagnet im Nebenschluss-Stromkreise liegt, wird die Einschaltestellung nicht auch aufgegeben, wenn der Motor nur ohne Last läuft, was in vielen Elektromotor-Betrieben häufiger eintritt.

Einen Anlasser für Fernausschaltung stellt Fig. 100 dar.

Die Einrichtung des Anlassers selbst entspricht in allen Punkten derjenigen in Fig. 99. Soll der Motor von einem dem Anlasser entfernt liegendem Orte ausgeschaltet werden, so schaltet man einen an dem beabsichtigten Ausschalte-Ort anzubringenden einpoligen Ausschalter, oder besser nur einen sich selbst wieder öffnenden einfachen Federkontakt „*As*“ (Fig. 100) parallel zu dem im Nebenschluss liegenden Elektromagneten des Anlassers. Bei Schliessung dieses Ausschalters oder Federkontaktes wird der Elektromagnet stromlos, und der Hebel des Anlassers wird durch die auf ihn wirkende Feder in die Ausschaltestellung geschnellt.

Der Elektromotor soll stets am Anlasser abgestellt werden. Das direkte Abschalten eines im Betriebe befindlichen gar belasteten Motors etwa durch einen Ausschalter ist bei grösseren

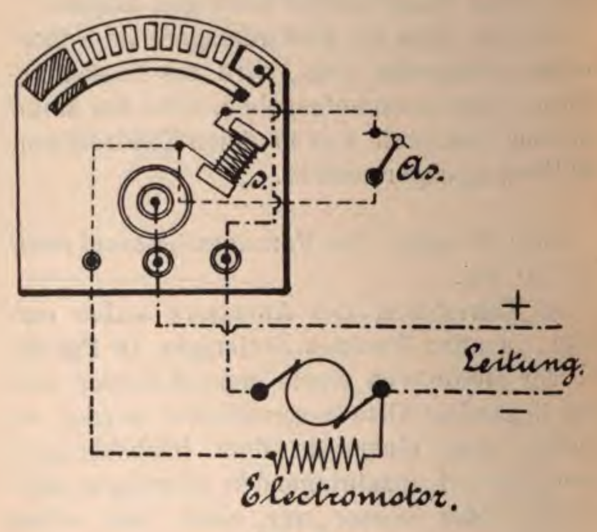


Fig. 100.

Motortypen unter allen Umständen zu vermeiden, weil durch die plötzliche Stromunterbrechung bisweilen sehr heftige Induktionsstösse auftreten, welche leicht, was praktische Erfahrungen gelehrt

haben, die Wickelung des Motors durchschlagen.*)

Bei kleineren Elektromotoren, etwa bis zu 3 PS., sind die Bedenken des Durchschlagens nicht so ernst. Ganz kleine Motore unter $^1/_2$ PS. schaltet man überhaupt ohne Anlasser direkt durch einen Ausschalter ein und aus.

Die im Band I Seite 99 erwähnte automatische Maximalausschaltung für Elektromotore, welche zur Vermeidung von Überlastungen Anwendung finden kann, ist in der dargestellten Schaltung (vergl. Band I Figg. 34, 35 und 36) nur für kleinere Motore zulässig.

---

*) Durch die plötzliche Stromunterbrechung tritt in der Wickelung des Motors (auch der Dynamo, vergl. Band I Seite 81) eine elektromotorische Kraft durch Selbstinduktion auf.

Diese elektromotorische Kraft der Selbstinduktion, die wir im dritten Bande näher kennen lernen werden, bestimmt sich nach der Formel:

$$E = L \frac{di}{dt}, \text{ worin:}$$

E = elektromotorische Kraft der Selbstinduktion,
L = Selbstinduktionskoëffizient,
di = Stromdifferential,
dt = Zeitdifferential

bedeutet, d. h. populär ausgedrückt:

Je grösser die Stromänderung ist im Verhältnis zur Zeit, in welcher sich diese Stromänderung abspielt, um so grösser ist unter sonst gleichen Verhältnissen die elektromotorische Kraft der Selbstinduktion.

Für grössere Motore, für welche eine automatische Maximalausschaltung bei Überlastung vorgesehen werden soll, wird sich besser der in Fig. 101 dargestellte Anlassapparat empfehlen.

Der Anlasser Fig. 101 ist mit zwei Elektromagneten für Maximal- und Nullstrom ausgerüstet.

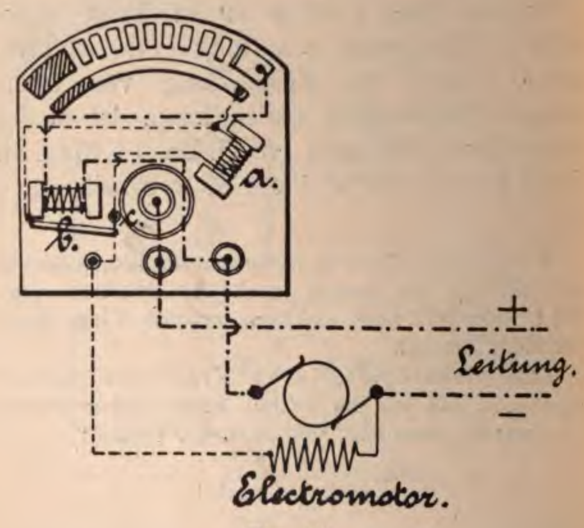


Fig. 101.

Der Elektromagnet für die Maximalausschaltung „*b*" liegt im Hauptstromkreise, während der Elektromagnet für die Nullstromausschaltung „*a*" wie bei den früheren Anlassern im Nebenschlussstromkreise liegt.

Wird infolge einer Überlastung des Motors die zulässige Maximalstromstärke überschritten, so tritt der Elektromagnet „*b*“ in Funktion und stellt einen Nebenschluss von geringem Widerstande zu dem Elektromagneten „*a*“ her, welcher dadurch stromlos wird und den Hebel des Anlassers loslässt, der dann durch die auf ihn wirkende Feder in die Ausschaltestellung geschnellt wird.

Die Herstellung des erwähnten Nebenschlusses zum Elektromagneten „*a*“ ist in Fig. 101 dadurch angedeutet, dass der Anker des Elektromagneten „*b*“, indem er angezogen wird, sobald die Stromstärke den für den Motor zulässigen Maximalwert überschreitet, einen Kontakt mit dem Anschlag „*c*“ herstellt, infolgedessen der Nebenschlussstrom des Motors nicht mehr seinen Weg durch den Elektromagneten „*a*“, sondern über den Anker des Elektromagneten „*b*“ zur Schenkelwickelung des Motors nimmt.

Bestimmung des erforderlichen mechanischen Effektes.

Für Pumpen, Aufzüge, Krähne und andere Förder- und Beförderungsmittel kann man für die gewünschte Leistung ohne Schwierigkeit den erforderlichen mechanischen Arbeitsaufwand oder Effekt berechnen, wie wir das bereits bei den Pumpen (vergl. Mechanischer Teil dieses Abschnittes) gesehen haben.

Für Arbeitsmaschinen, wie besonders für Holz- und Metallbearbeitungsmaschinen, ist dies

indessen nicht immer möglich, sondern man ist hierbei vielmehr auf die Angaben der Fabrikanten solcher Maschinen und auf praktische Erfahrungsresultate angewiesen, wenn man es nicht gar vorzieht, durch provisorische Aufstellung eines Elektromotors — vorausgesetzt, dass elektrische Energie zum Betriebe desselben vorhanden — und Einschaltung eines Ampèremeters von Fall zu Fall den erforderlichen mechanischen Effekt zu bestimmen.

In derselben Weise, wie die a. a. O. durch Vorführung eines Beispieles gezeigte Berechnung des erforderlichen mechanischen Effektes für eine Pumpe, würde sich auch der erforderliche mechanische Effekt für einen Aufzug, Personen- oder Lastenaufzug, berechnen.*)

---

*) Für Aufzüge kommen unter Verwendung von Nebenschlussmotoren je nach der Konstruktion des Aufzuges sowohl gewöhnliche Anlasser als auch Umkehr-(Reversier-)Anlasser für wechselnden Rechts- und Linkslauf des Motors in Verwendung (vergl. Band I, Fig. 87).

Soll die Umsteuerung des Motors z. B. für Personenaufzüge von dem Fahrstuhlwärter durch ein im Innern des Fahrkorbes hindurchlaufendes Steuerseil bewirkt werden, so kommen automatische Reversieranlasser in Anwendung.

Solche automatische Reversieranlasser werden von den Firmen: Siemens & Halske, A.-G., Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert & Co., Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft u. a. m. auf den Markt gebracht.

Die Geschwindigkeit der Personenaufzüge beträgt 0,5 bis 1 m pro Sekunde oder 30 bis 60 m pro Minute.

Die Geschwindigkeit der Lastenaufzüge beträgt 0,2 bis 0,5 m pro Sekunde oder 12 bis 30 m pro Minute.

Der Nutzeffekt der Aufzüge beträgt je nach Konstruktion 30 bis 60 pCt.

Beispiel:

Ein Lastenaufzug soll eine Maximallast von 500 kg in einer Minute 20 m hoch fördern. Wie gross ist der hierzu erforderliche mechanische Effekt, bezw., wenn der Aufzug elektrisch betrieben werden soll, wie gross muss der hierfür erforderliche Elektromotor sein?

Nehmen wir für den Lastenaufzug einen Nutzeffekt von 40 pCt. an, so erhalten wir nach der Formel:

$$Ne = \frac{P \cdot v}{75}$$

den erforderlichen mechanischen Effekt auf:

$$Ne = \frac{500 \cdot 20 \cdot 100}{75 \cdot 60 \cdot 40} = 5{,}5 \text{ PS. eff. oder} \sim 6 \text{ PS. eff.}$$

Danach wäre, reichlich gerechnet, ein Elektromotor für eine Leistung von 6 PS. eff. für den Betrieb des Lastenaufzuges erforderlich.

Einzel- und Gruppenantrieb.

Für den elektrischen Betrieb von Arbeitsmaschinen in Werkstätten und Fabriken kommen

zwei Fälle in Betracht: 1) der Einzelbetrieb und 2) der Gruppenantrieb.

Der Einzelantrieb ist zweifellos das Ideal des Betriebes von Arbeitsmaschinen, indessen ist man bisweilen gezwungen, aus wirtschaftlichen Rücksichten den Gruppenantrieb, d. h. den Betrieb einer mehr oder weniger grossen Zahl von Arbeitsmaschinen durch einen Elektromotor zu wählen. Ob das eine oder das andere zu wählen ist, kann nur von Fall zu Fall in Erwägung aller hierfür in Betracht kommenden Momente entschieden werden.

Die grosse Annehmlichkeit des Einzelantriebes ist der Fortfall der Transmissionen und die Unabhängigkeit jeder einzelnen Arbeitsmaschine vom Gesamtbetriebe.

Die Betriebsspannung des Elektromotors.

Die Spannung des Elektromotors nimmt man vorteilhaft möglichst hoch an, um die Kosten des Leitungsmaterials hinsichtlich des Kupferaufwandes nach Möglichkeit zu reduzieren.

Bei reinen Kraftübertragungsanlagen geht man bei Gleichstrom bis zu 500 Volt, die obere Grenze dürfte etwa bei 1000 Volt liegen. Bei den Spannungen über 500 Volt macht die betriebssichere Isolation der Dynamomaschinen und Elektromotoren schon einige Schwierigkeiten.

In den meisten Anlagen, wie z. B. in Zentralen oder überhaupt in grösseren Anlagen, welche hauptsächlich auch Beleuchtungszwecken dienen, ist man indessen an eine bestimmte Betriebsspannung gebunden.

In den Dreileiter-Anlagen schliesst man alle Elektromotoren für Leistungen über 1 PS. eff. an die Aussenleiter, während man Motore unter 1 PS. eff., für welche der Kupferaufwand der Leitung nicht ins Gewicht fallen kann, zwischen Mittelleiter und einen Aussenleiter schliesst.

c) Elektrische Leitungen.

Projektierung. Die Projektierung elektrischer Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlagen beginnt mit der Aufzeichnung des Konsums, d. i. mit der Feststellung der zu betreibenden Elektromotore, Bogenlampen, Glühlampen und sonstigen Strom konsumierenden Objekte nach Anzahl und Grösse, bezw. Konsumgrösse.

Für die Lichtverteilung sind — sofern diese nicht von vornherein durch die Situation, durch örtliche Verhältnisse oder durch eine bereits bestehende Gas- oder Petroleumbeleuchtung gegeben ist — die nachstehenden Tabellen und Angaben, welche nach Ergebnissen der Praxis zusammengestellt sind, zu verwenden:

a) Bogenlichtbeleuchtung.*)

Bodenfläche in m² pro Lampe bei einer:

Stromstärke in Ampère:	2	4	6	8	10	12	15	20
Lichtpunkthöhe in m:	2—5	3—5	3—6	4—7	5—8	6—10	10—12	10—20
1) für Fabriken, Spinner. etc.	—	—	200	300	350	400	600	—
2) Verkaufsläd., Restaur. etc.	10	30	50	60	—	80	—	—
3) Strass.,Plätze, Hallen etc.	—	—	—	800	1000	1200	1500	2000

Eine sehr vorteilhafte Strassenbeleuchtung erhält man durch Aufhängung der Bogenlampen in der Strassenmitte. Der Abstand der Strassenlampen beträgt bei 7—12 m Lichtpunkthöhe gewöhnlich 60—80 m.

b) Glühlichtbeleuchtung.

Wohnräume	3—4 Nk.	pro	1 m²	Bodenfläche
Salons	4—5 „	„	1 „	„
Verkaufsläden	4—7 „	„	1 „	„

*) Die Angaben der Tabelle sind durchaus nicht als feststehende Werte zu betrachten, sondern als Mittelwerte; sie können, je nachdem eine aussergewöhnlich reiche und prunkvolle oder eine nur bescheidene Beleuchtung gewünscht wird, sowohl nach oben wie nach unten verändert werden.

Lagerräume	3—4 Nk.	pro	1	m^2	Bodenfläche
Restaurants	3—7 „	„	1	„	„
Festräume	6—10 „	„	1	„	„

Für Bureaux, Werkstätten, Fabrikationsräume etc. bestimmt man die erforderliche Lampenzahl gewöhnlich nach der Anzahl der Arbeitsplätze, wo dies nicht angängig, rechnet man 2—3 Nk. pro 1 m^2 Bodenfläche.

Der festgestellte Konsum wird dann in den Plan (Grundriss) des zu beleuchtenden Komplexes eingezeichnet und ist danach das Leitungsnetz zu entwerfen.

Dem Entwurf des elektrischen Leitungsnetzes sind die vom Verbande Deutscher Elektrotechniker herausgegebenen „Sicherheits-Vorschriften für elektrische Starkstrom-Anlagen“ zu Grunde zu legen (siehe Anhang).

Berechnung elektrischer Leitungen.

Für die Bestimmung der Leitungsquerschnitte sind zwei Betriebsfaktoren maassgebend:

1. die Erwärmung,
2. der Spannungsverlust.

Die für jeden Querschnitt zulässige Betriebsstromstärke ist aus den erwähnten Sicherheitsvorschriften zu entnehmen (vergl. Anhang § 5). Die maximale Temperaturerhöhung bei der angegebenen Querschnitts-Beanspruchung beträgt durchgehend etwa 20° C. Die aufgeführten Querschnitte 0,75, 1, 1,5, 2,5, 4, 6 mm^2 u. s. w. haben sich als normale Querschnitte in der

Elektrotechnik eingebürgert. Alle Leitungsdimensionen werden deshalb nicht mehr wie früher nach dem abgerundeten Durchmesser, sondern nach den in den „Verbandsvorschriften" festgelegten Querschnitten benannt.

Spannungsverlust.

Das Ohmsche Gesetz, welches wir in der Einleitung (Band I) kennen gelernt haben, sei in Nachstehendem von verschiedenen Gesichtspunkten etwas näher betrachtet:

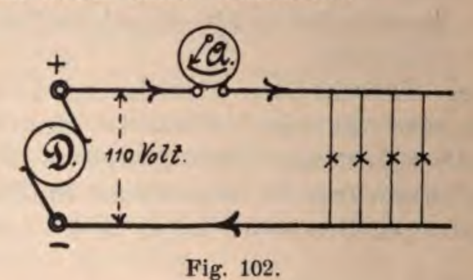


Fig. 102.

4 Glühlampen in Parallelschaltung (Fig. 102) sollen beispielsweise einen Gesamt-Widerstand einschliesslich Leitungswiderstand von 5,5 Ohm repräsentieren. Die Klemmenspannung der Stromquelle „*D*", mit 110 Volt angenommen, ergiebt rechnerisch eine Stromstärke von:

$$i = \frac{e}{w} = \frac{110}{5,5} = 2 \text{ Ampère.}$$

Das Ampèremeter „*A*" (Fig. 102) würde also auch diesen Wert anzeigen.

Betrachten wir nun nur einen Leiter des Zweileitersystems, also entweder den + oder den — Leiter und nehmen wir an, dass von *a* nach *b* (Fig. 103) ein Strom von — sagen wir — 10 Ampère fliesse. Das von den Punkten *a*

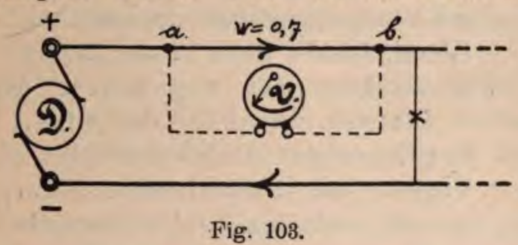


Fig. 103.

und *b* begrenzte Leiterstück habe eine Länge von 100 m und einen Querschnitt von 2,5 mm², dann berechnet sich der Widerstand des begrenzten Leitersückes für Kupfer zu:

$$w = \frac{c \cdot l}{q} \text{ oder } \frac{l}{k \cdot q} = \frac{100}{57 \cdot 2{,}5} = 0{,}7 \text{ Ohm.}$$

In dieser Formel bedeutet, was uns aus Band I schon geläufig:

w = Leitungswiderstand in Ohm.
k = Leitfähigkeit oder Leitungsvermögen des Kupfers 57 bis 60.*)

---

*) Nach den „Verbandsvorschriften“ (vergl. Anhang B) gilt als Normalkupfer ein Kupfer, dessen Leitungsvermögen = 60 beträgt, danach würde sich der Widerstandskoëffizient, also die Konstante „c“ auf $\frac{1}{60} = 0{,}0166$ berechnen. Die zu fordernde Mindestleitfähigkeit ist 57.

c = spez. Widerstand oder Widerstandskoëffizient, der reziproque Wert des Leitungsvermögens, also $\frac{1}{57}$ bis $\frac{1}{60}$.

l = Leitungslänge in m.

q = Leitungsquerschnitt in mm².

(Vergl. Band I Seite 12 und 13.)

Jeder Leiter, der von einem elektrischen Strome durchflossen wird, bedingt durch seinen Leitungswiderstand einen Verlust an elektrischer Energie.

Es herrscht deshalb z. B. nicht nur zwischen den beiden Leitungen (+ und —) eine Spannungsdifferenz (die Betriebsspannung), sondern eine Spannungsdifferenz, allerdings eine im Verhältnis zur Betriebsspannung nur minimale Spannungsdifferenz, herrscht auch infolge des Leitungswiderstandes zwischen den beiden Punkten a und b (Fig. 103).

Diese Spannungsdifferenz zwischen a und b nennt man den Spannungsabfall oder den Spannungsverlust in der Leitung, derselbe berechnet sich nach dem Ohmschen Gesetz in dem vorliegenden Falle auf:

$$e = i \cdot w = 10 \cdot 0{,}7 = i \frac{l}{k \cdot q} = \frac{10 \cdot 100}{57 \cdot 2{,}5} = 7 \text{ Volt.}$$

Würden wir dieselbe Leitung anstatt mit 10 Ampère mit nur 5 Ampère belasten, so würde sich auch der Spannungsverlust um die Hälfte vermindern, denn in diesem Falle wäre:

$$e = \frac{5 \cdot 100}{57 \cdot 2{,}5} = 3{,}5 \text{ Volt.}$$

Der gesamte Energieverlust (Wattverlust) beträgt in beiden Fällen:

$$a = e \cdot i \text{ oder } a = i^2 \cdot w$$

(siehe Joulesches Gesetz, Band I, Seite 14), das ergiebt:

a) bei 10 Ampère Leitungsbelastung:

$7 \cdot 10$ oder $10^2 \cdot 0{,}7 = 70$ Watt;

b) bei 5 Ampère Leitungsbelastung:

$3{,}5 \cdot 5$ oder $5^2 \cdot 0{,}7 = 17{,}5$ Watt.

Wir ersehen daraus, dass der gesamte Energieverlust für die nämliche Leitung im Quadrate der Stromstärke wächst, während der jeweilige Spannungsverlust der Stromstärke direkt proportional ist.

Der Gesamtverlust für die Hin- und Rückleitung würde sich nach Vorstehendem folgendermaassen berechnen:

i = 10 Amp.
l = 200 m.
A.
B.

Fig. 104.

In Fig. 104 sei Hin- und Rückleitung der Einfachheit halber in *einer* Linie dargestellt. Die Gesamtleitungslänge „*l*“ betrage danach 200 m. „*A*“ sei die Maschinenstation, welche durch die Leitung mit der 100 m entfernt liegenden Stromverbrauchsstelle „*B*“ verbunden

sein soll, dann erhalten wir einen Spannungsverlust von:

$$e = \frac{i \cdot l}{k \cdot q} = \frac{10 \cdot 200}{57 \cdot 2{,}5} = 14 \text{ Volt.}$$

Da dieser Verlust unter Berücksichtigung des verhältnismässig geringen Querschnittes viel zu hoch ist, so ist zur Verminderung des Spannungsverlustes ein entsprechend grösserer Querschnitt zu wählen. Nach der in den „Verbandsvorschriften“ (siehe Anhang § 5) gegebenen Aufstellung über maximale Querschnittsbeanspruchungen war die Stromstärke von 10 Ampère für den Querschnitt von 2,5 mm² gerade die Belastungsgrenze.

Das Bestreben, den Leitungsverlust in wirtschaftlichen Grenzen zu halten, bezw. zwischen Leitungsverlust und Leitungsquerschnitt einen wirtschaftlichen Mittelwert festzuhalten, hat zu gewissen Normen für den prozentual zulässigen Spannungsverlust geführt.

Der zulässige Spannungsverlust von der Stromquelle (Dynamo) bis zur äussersten Lampe beträgt danach im Allgemeinen:

a) für Hausinstallationen . . . . max. 3 %
b) „ Einzelanlagen (Fabriken etc.) „ 5 %

In Zentralleitungsnetzen:

a) für Speiseleitungen . . . . . . max. 10 %
b) „ Ausgleichs- und Ringleitungen „ 2 %
c) „ Verteilungsleitungen . . . „ 3 %

Das ergiebt für Zentralen in Summa max. 15 %

Gesamt-Leitungsverlust von den Maschinen oder von der Schalttafel bis zur äussersten Lampe.

Gewöhnlich wird der Berechnung einer Leitungsanlage von vornherein ein bestimmter Spannungsverlust (der maximal zulässige Spannungsverlust) zu Grunde gelegt. Dieser Spannungsverlust verteilt sich über die ganze Leitungsanlage derart, dass die längeren Leitungen mit grösserer Stromstärke einen verhältnismässig grösseren und die kürzeren Leitungen mit geringerer Stromstärke einen verhältnismässig kleineren Spannungsverlust aufweisen. Durch die richtige Verteilung des Spannungsverlustes über die ganze Leitungsanlage kann man unter Umständen erheblich am Leitungsmaterial sparen.

Spezielle Leitungsberechnungen.

Beispiel 1. Ein Elektromotor, welcher bei einer Leistung von 50 PS. eff. einen elektrischen Energieaufwand von 40300 Watt erfordert, soll in einer Entfernung von 30 m (Leitungslänge: Hin- und Rückleitung = 60 m) von der Maschinenstation betrieben werden. Die Leitung, welche in geschlossenen Räumen nach den „Verbandsvorschriften" (vergl. § 7, Abschnitt a, b oder c) in isolierter Kupferleitung auf Porzellanisolatoren oder auf Porzellanrollen zu verlegen wäre, berechnet sich bei einer Betriebsspannung von 220 Volt folgendermassen:

Der zulässige Spannungsabfall von der Maschinenstation bis zum Motor betrage 5 pCt., sodass an den Klemmen des Motors bei Voll-belastung desselben nicht 220 Volt, sondern nur mehr:

$$\frac{220 \cdot 95}{100} = 209 \text{ Volt}$$

Spannung herrschen. Der absolute Spannungs-abfall beträgt danach:

$$220 - 209 = 11 \text{ Volt.}$$

Die Stromstärke bei Vollbelastung des Motors berechnet sich danach auf:

$$\frac{40300}{209} = \sim 200 \text{ Ampère.}$$

Unter Einsetzung der entsprechenden Werte in die uns bekannte Formel erhalten wir einen Leitungsquerschnitt von:

$$q = \frac{i \cdot l}{k \cdot e} = \frac{200 \cdot 60}{57 \cdot 11} = 19 \text{mm}^2.$$

Dieser Querschnitt ist nach § 5 der „Verbandsvorschriften“ für eine Stromstärke von 200 Ampère keineswegs ausreichend und ist deshalb bei Vermeidung gefahrbringender Erwärmung der Leitung unzulässig.

Der Minimalquerschnitt „isolierter Leitungen“ für 200 Ampère Betriebsstromstärke beträgt nach § 5 der „Verbandsvorschriften“ 120 mm².

Dieser Querschnitt ist für den vorliegenden Fall zu wählen. Der Spannungsverlust kommt bei dem Querschnitt von 120 mm² natürlich gar nicht in Betracht, weil er nur ganz minimal sein kann. Er beträgt:

$$e = \frac{i \cdot l}{k \cdot q} = \frac{200 \cdot 60}{57 \cdot 120} = 1{,}75 \text{ Volt.}$$

Bei diesem geringen Spannungsverlust haben wir nun an den Klemmen des Motors bei Vollbelastung eine Spannung von 220 — 1,75 = 118,25 Volt.

Danach beträgt die Stromstärke bei Vollbelastung des Motors auch nicht mehr 200 Ampère, sondern nur mehr

$$\frac{40300}{118{,}25} = \sim 185 \text{ Ampère.}$$

Der Minimalquerschnitt für 185 Ampère ist ebenfalls noch 120 mm² (lt. § 5 der „Verbandsvorschriften“).

Der Querschnitt von 120 mm² wäre nun aber auch ausreichend für eine Gesamt-Leitungslänge (Hin- und Rückleitung) bis:

$$l = \frac{e \cdot k \cdot q}{i} = \frac{11 \cdot 57 \cdot 120}{200} = 376 \text{ m}$$

unter Voraussetzung eines zulässigen Spannungsverlustes bis 11 Volt = 5 pCt. von 220 Volt Betriebsspannung bei Vollbelastung des Motors.

Über eine Leitungslänge von 376 m hinaus würde der Spannungsverlust 5 pCt. der Betriebsspannung überschreiten, d. h. für den vorliegenden Fall. Von hier ab würde unter Umständen eine Erhöhung des Querschnitts mit Rücksicht auf den Spannungsverlust eintreten müssen.

Wir haben oben angenommen, dass die Motorleitung in geschlossenen Räumen als isolierte Leitung verlegt werden soll. Im Freien würde die Motorleitung als blanke Leitung auf Porzellanisolatoren zu verlegen sein.*)

Der Minimalquerschnitt blanker Kupferleitungen für 185 Ampère Betriebsstromstärke beträgt nach § 5 der „Verbandsvorschriften", Absatz 2 nicht mehr 120 mm², sondern nur mehr 95 mm² und der Spannungsverlust danach:

$$e = \frac{i \cdot l}{k \cdot q} = \frac{185 \cdot 60}{57 \cdot 95} = \sim 2 \text{ Volt.}$$

Das Kupfergewicht der blanken Motorleitung würde sich in folgender Weise sehr einfach berechnen:

---

*) Über die Art der Verlegung elektrischer Leitungen, sowie über Ausführungsdetails ist aus der Litteratur zu empfehlen:

S. Freiherr von Gaisberg. „Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen." Verlag von R. Oldenburg, München und Leipzig.

Das spec. Gewicht des Kupfers ist rund mit 9 anzunehmen; multipliziert man den Querschnitt der Leitung in mm² mit 9, so erhält man das Gewicht pro 1000 m in kg oder pro 1 m in g. Unsere Kupferleitung von 60 m Länge und 95 mm² Querschnitt hat somit ein Gewicht von:

$$\frac{95 \cdot 9 \cdot 60}{1000} = 51{,}3 \text{ kg.}$$

Rechnet man den Preis des Leitungskupfers zu 2 M. pro kg, so betragen die Kosten für den Kupferaufwand 102,60 M.

Fig. 105.

Beispiel 2. Für eine Hauptleitung „*A*-*B*“ (Fig. 105) in einer Gesamtlänge (also Hin- und Rückleitung) von 100 m sei in den aus den gezeichneten Leitungslängen sich ergebenden Abständen eine Gesamtbelastung von 30 + 5 + 20 + 10 = 65 Ampère in Glühlampen gegeben.

Der zulässige Spannungsverlust von „*A*“ bis „*B*“ betrage maximal d. h. bei voller Belastung der Leitung, wenn alle angeschlossenen Lampen gleichzeitig brennen, ca. 2 pCt. der Betriebsspannung von 110 Volt = ca. 2 Volt, genau

2,2 Volt. Die ganze Hauptleitung zwischen „*A*“ und „*B*“ soll durchgehends in dem gleichen Querschnitt ausgeführt werden.

Unter „*l*“ ist — was streng festzuhalten ist — stets die gesamte Leitungslänge, also Hin- und Rückleitung, nicht etwa Entfernung zu verstehen, was auch für die Folge zu beachten ist.

Die Formel für die Leitungsberechnung ist die gleiche wie im Beispiel 1:

$$e = \frac{i \cdot l}{k \cdot q}.$$

Den Wert $i \cdot l$ (Ampère × Meter = Meter-Ampère) erhält man durch Summierung der einzelnen Produkte von $i \cdot l$ folgendermassen:

$$\sum_1^n (i \cdot l) = i_1 \cdot l_1 + i_2 (l_1 + l_2) + i_3 (l_1 + l_2 + l_3) + i_4 (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + \ldots$$

also in unserem Falle: (vergl. Fig. 105)

$i_1 \cdot l_1$	$= 30 \cdot 50$	$= 1500$	Meter-Amp.
$i_2 (l_1 + l_2)$ . . .	$= 5 \cdot 70$	$= 350$	„
$i_3 (l_1 + l_2 + l_3)$ . .	$= 20 \cdot 80$	$= 1600$	„
$i_4 (l_1 + l_2 + l_3 + l_4)$	$= 10 \cdot 100$	$= 1000$	„

$$\sum_1^4 (i \cdot l) = 4450 \text{ Meter-Amp.}$$

Der erforderliche Leitungsquerschnitt berechnet sich nunmehr auf:

$$q = \frac{i \cdot l}{k \cdot e} = \frac{4450}{57 \cdot 2} = 38 \text{ mm}^2.$$

Der in der Tabelle der „Verbands-Vorschriften“ (Anhang § 5) nächstliegende normale Querschnitt wäre 35 mm²; dieser Querschnitt ist als der zu verwendende zu betrachten. Der Spannungsverlust bei Verwendung dieses Normal-Querschnittes von 35 mm² an Stelle des berechneten Querschnittes von 38 mm² würde sich nur ganz unwesentlich erhöhen, er würde statt 2 Volt nunmehr:

$$e = \frac{i \cdot l}{k \cdot q} = \frac{4450}{57 \cdot 35} = 2{,}2 \text{ Volt},$$

also genau 2 pCt. von 110 Volt betragen.

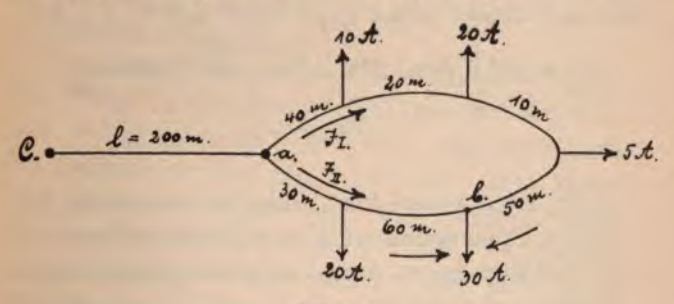


Fig. 106.

Beispiel 3. Eine Ringleitung (Fig. 106), welche in den aus den gezeichneten Leitungslängen sich ergebenden Abständen eine Gesamtbelastung von 10 + 20 + 5 + 30 + 20 = 85 Ampère haben soll und welche durch eine im Punkte „*a*“ (Fig. 106) angreifende Hauptleitung von der Zentrale (Maschinenstation) „*C*“

gespeist werden soll, würde sich folgendermassen berechnen lassen:

Denken wir uns zunächst die Ringleitung bei „*a*" (Fig. 106) also in ihrem Speisepunkte auseinandergeschnitten und in eine Gerade aufgerollt (Fig. 107), so erhalten wir eine Leitung, welche an ihren beiden Enden zwei Speisepunkte von gleicher Spannung, (Aequipotentialpunkte) hat und welche von diesen beiden Speisepunkten I und II gleichzeitig versorgt wird.

Fig. 107.

Es ist a priori klar, dass es zwischen den beiden Speisepunkten I und II einen Punkt in der Leitung geben muss, an welchem die beiden Komponentenströme von I und II zusammentreffen. Dieser Punkt, der Ausgleichspunkt zwischen I und II, der Punkt gleichen Spannungsabfalles zwischen I und II, kann nur dort liegen, wo die Summe der Meter-Ampère $= \Sigma (i \cdot l)$ vom Punkte I aus gleich ist derjenigen vom Punkte II aus.

Wäre die Leitung in unter sich gleichen Abständen, und sämtliche Stromabnahmestellen

mit der gleichen Stromstärke belastet, so würde der Ausgleichspunkt genau in der Mitte zwischen I und II liegen müssen.

Da aber erklärlicher Weise in den meisten Fällen die Belastungen sowohl als auch die Abstände ihrer Angriffspunkte unter sich sehr verschieden sind, so verschiebt sich der Ausgleichspunkt entsprechend den Meter-Ampère nach der einen oder nach der anderen Seite.

Bei jedem Belastungswechsel verschiebt sich dieser Punkt auch für die nämliche Leitung. Der Berechnung ist deshalb auch die maximale Belastung als ungünstigster Fall zu Grunde zu legen.

Den Punkt des gleichen Spannungsverlustes von I und II, den Ausgleichspunkt, hat man nun so zu ermitteln gesucht, dass man sich die Leitung an der Stelle, wo man, nach einer vergleichenden Schätzung der Meter-Ampère von beiden Seiten, diesen Punkt vermutete, auseinander geschnitten dachte und nun durch Rechnung wie in unserem Beispiel 2 die Meter-Ampère für die beiden Leitungsabschnitte bestimmte. Sah man nach dieser Rechnung, dass die so ermittelten Meter-Ampère nicht für beide Leitungsabschnitte mit genügender Genauigkeit übereinstimmten, so war klar, dass der Schnittpunkt nicht richtig angenommen war. Aus dem Resultat der Rechnung konnte man dann aber immerhin ersehen, wo der

Schnittpunkt definitiv angenommen werden musste. Da es hiernach eigentlich ganz gleichgiltig war, wo man für die erste Rechnung den Schnittpunkt annahm, so konnte nach der von Dr. Müllendorff gegebenen Methode (vergl. Elektrotechnische Zeitschrift 1894 Heft 5)*) der Schnittpunkt auch an die Endpunkte I und II der Leitung verlegt werden.

Die Belastung der Speisepunkte mit den Komponentenströmen J_I für Speisepunkt I und J_{II} für Speisepunkt II berechnet sich dann nach der Formel:

$$J_I = \frac{1}{L} \Big[i_5 \cdot l_6 + i_4 (l_6 + l_5) + i_3 (l_6 + l_5 + l_4) + i_2 (l_6 + l_5 + l_4 + l_3) + i_1 (l_6 + l_5 + l_4 + l_3 + l_2) \Big]$$

worin: $L = \sum_1^6 (l)$ ist; dann ist weiter:

$J_{II} = \sum_1^5 (i) - J_I$, oder auch:

---

*) Ein empfehlenswertes kleines Spezialwerk über die Berechnung elektrischer Leitungsnetze, welches sich im Wesentlichen auf die Müllendorff'sche Methode stützt, ist:

W. Hentze. „Analystische Berechnung elektrischer Leitungen." Berlin und München 1898.

Als Spezialwerk über Berechnung elektrischer Leitungsnetze ist ferner zu empfehlen:

J. Herzog und P. Feldmann. „Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis." Leipzig 1893.

$$J_{II} = \frac{1}{L}\Big[i_1 \cdot l_1 + i_2 (l_1 + l_2) + i_3 (l_1 + l_2 + l_3) + i_4 (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) + i_5 (l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5) \Big]$$

In unserem Falle ist danach:

$$J_I = \frac{20 \cdot 30 + 30 \cdot 90 + 5 \cdot 140 + 20 \cdot 150 + 10 \cdot 170}{40 + 20 + 10 + 50 + 60 + 30} =$$

$$\frac{8700}{210} = 41{,}43 \text{ Ampère.}$$

$$J_{II} = \frac{10 \cdot 40 + 20 \cdot 60 + 5 \cdot 70 + 30 \cdot 120 + 20 \cdot 180}{40 + 20 + 10 + 50 + 60 + 30} =$$

$$\frac{9150}{210} = 43{,}57 \text{ Ampère.}$$

Die Summe der beiden Komponentenströme von I und II ist demnach:

$$J_I + J_{II} = 41{,}43 + 43{,}57 = 85 \text{ Ampère,}$$

d. i. die Gesamtbelastung unserer Leitung zwischen den Speisepunkten I und II.

Im Punkte „*a*" (Fig. 106) teilt sich also der von „*C*" kommende Gesamtstrom von 85 Ampère und zwar fliessen, wie wir soeben ermittelt haben, nach oben $J_I = 41{,}43$ Ampère und nach unten $J_{II} = 43{,}57$ Ampère, sodass im Punkte „*b*" (Figg. 106 und 107) der Ausgleich stattfindet, derart, dass J_I bei der Versorgung dieser Stromabnahmestelle noch mit 6,43 Ampère, J_{II} aber noch mit 23,57 Ampère beteiligt ist.

Die Querschnittsberechnung gestaltet sich nunmehr nach diesem Vorgang sehr einfach.

Die Summe der Meter-Ampère = $\Sigma(i \cdot l)$ ergiebt sich für die Komponentenströme J_{I} und J_{II} mit ihren zugehörigen Leitungsabschnitten wie folgt:

Punkt I. $\Sigma(i \cdot l) = 10 \cdot 40 + 20 \cdot 60 + 5 \cdot 70 + 6{,}43 \cdot 120$
$= 400 + 1200 + 350 + 771{,}60 = \sim \mathbf{2720}$

Punkt II. $\Sigma(i \cdot l) = 20 \cdot 30 + 23{,}57 \cdot 90 =$
$600 + 2121{,}30 = \sim \mathbf{2720}$

Bei richtiger Rechnung muss die Summe der Meter-Ampère von beiden Speisepunkten aus übereinstimmen.

Lassen wir nun einen maximalen Spannungsverlust von 2 Volt bis zum Punkte „*b*" (Figg. 106 und 107) zu, so erhalten wir einen Leitungs-Querschnitt zwischen I und II von:

$$q = \frac{i \cdot l}{k \cdot e} = \frac{2720}{57 \cdot 2} = \sim 25 \text{ mm}^2.$$

Der in vorstehendem Beispiel 3 gegebene Fall entspricht auch der Berechnung einfacher Ausgleichsleitungen in Zentralnetzen, welche, wie in Fig. 107 dargestellt, an beiden Enden durch Speisepunkte mit Energie versorgt werden, nur mit dem Unterschiede, dass in Zentralen meist an Stelle des Zweileitersystems das Edison-Hopkinson'sche Dreileitersystem tritt.

Für die Hauptleitung, welche von der Zentrale „*C*" bis zum Punkte „*a*" (Fig. 106) eine Gesamtlänge (Hin- und Rückleitung) von

200 m besitzen soll, kann man unter Einhaltung des zulässigen Minimalquerschnittes eventuell einen grösseren Spannungsverlust etwa bis zu 10 pCt. von der Betriebsspannung zulassen, vorausgesetzt, dass Lampen von dieser Hauptleitung nicht abgezweigt werden sollen.

Der Minimalquerschnitt für 85 Ampère Leitungsbelastung würde nach § 5 der „Verbandsvorschriften“ (siehe Anhang) eigentlich 50 mm² betragen. Nimmt man an, dass die Maximalbelastung von 85 Ampère voraussichtlich nur selten und dann vielleicht nur auf ganz kurze Zeit eintritt, so kann man in dem vorliegenden Falle eventuell auch mit 35 mm² auskommen. Der Spannungsverlust berechnet sich für diesen letzteren Fall auf:

$$e = \frac{85 \cdot 200}{57 \cdot 35} = 8{,}5 \text{ Volt},$$

d. i. von 110 Volt Betriebsspannung

$$\frac{8{,}5 \cdot 100}{110} = 7{,}7 \text{ pCt.}$$

Bei einem Querschnitt von 50 mm² beträgt der Spannungsverlust:

$$e = \frac{85 \cdot 200}{57 \cdot 50} = 6 \text{ Volt},$$

d. i. von 110 Volt Betriebsspannung:

$$\frac{6 \cdot 100}{110} = \text{ca. } 5{,}5 \text{ pCt.}$$

Dreileiter-Leitungs-berechnung.

Das Edison-Hopkinsonsche Dreileiter-system ist eine Verschmelzung von zwei Zweileitersystemen derart, dass die positive (+) Leitung des einen Zweileitersystems mit der negativen (—) Leitung des anderen Zweileitersystems zu einer Leitung, dem sogenannten Null-Ausgleichs- oder Alternativleiter, vereinigt wurde. (Fig. 108.)

Das Charakteristische dieses Edison-Hopkinsonschen Dreileitersystems ist, dass die Strom-

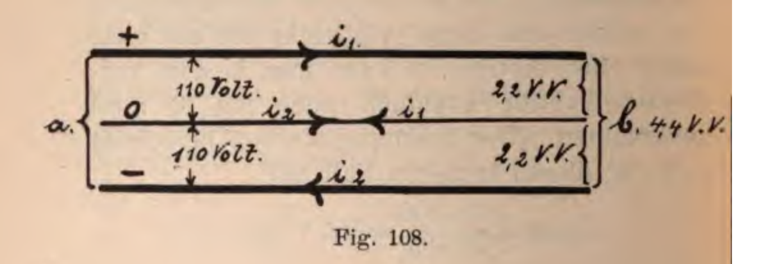


Fig. 108.

stärke und die Stromrichtung im Mittelleiter sich aus der Differenz der beiden Aussenleiterströme ergiebt.

Bei gleicher Belastung der beiden Aussenleiter, d. h. der beiden Netzhälften + 0 und 0 — (Fig. 108), worauf man bei der Projektierung das Hauptgewicht legen wird, weil die Belastungsgleichheit den Betrieb am einfachsten und am wirtschaftlichsten gestaltet, ist die Belastung des Mittelleiters = 0.

Den Mittelleiter dimensioniert man deshalb gewöhnlich in dem halben Querschnitt der beiden Aussenleiter, indem man als den ungünstigsten Fall, der im Betriebe eintreten könnte, und als äusserst zulässige Grenze eine Belastungsdifferenz der beiden Netzhälften von 50 pCt. der maximalen Belastung voraussetzt.

Für Anlagen, in denen grössere Belastungsdifferenzen auftreten können, dimensioniert man auch bisweilen den Mittelleiter in der gleichen Stärke wie die Aussenleiter.

In einigen Zentralen ist der Mittelleiter an „Erde“ gelegt. In solchen Anlagen wird der Mittelleiter bei unterirdischer Leitungsverlegung neben den beiden gut isolierten Aussenleitern direkt als blanke Kupferleitung in die Erde gelegt. Der „geerdete“ Mittelleiter wird nicht gesichert.

Der „geerdete“ Mittelleiter hat neben dem Vorteil einer relativ billigeren Leitungsanlage den weiteren Vorteil, dass bei auftretenden Erdschlüssen im Leitungsnetz zwischen jeder Leitung und „Erde“ nur die halbe Spannung, nie aber die doppelte (Aussenleiterspannung) herrschen kann.

Fig. 109 stellt eine andere Art „Dreileiter“ dar, welche man von jedem Zweileitersystem abzweigen kann.

Dieser „Dreileiter“ unterscheidet sich aber von dem Edison-Hopkinson'schen Dreileitersystem da-

durch, dass der Mittelleiter in Fig. 109 kein Nullleiter, wie in Fig. 108 ist, sondern der Mittelleiter in Fig. 109 ist nur als die gemeinschaftliche Rück-

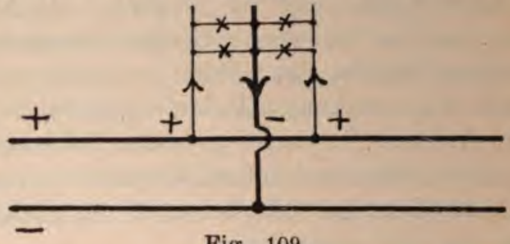


Fig. 109.

leitung der beiden Aussenleiter zu betrachten Dieser Mittelleiter führt deshalb auch nicht wie im Edison-Hopkinson'schen Dreileitersystem die Differenz der beiden Aussenleiterströme, sondern die Summe derselben, er ist infolgedessen doppelt so stark zu nehmen als die Aussenleiter und bietet somit keine Ersparniss an Kupfermaterial wie das Edison-Hopkinson'sche Dreileitersystem. (Fig. 108.)

Die Berechnung von Dreileiternetzen erfolgt in derselben Weise und unter Verwendung derselben Formeln, wie die Berechnung von Zweileiternetzen.

Beispiel 4. Fig. 108 sei in Fig. 110 schematisch vereinfacht dargestellt. Die Leitungslänge (Hin- und Rückleitung) zwischen „*a*—*b*" (Figg. 108 und 110) betrage 200 m. Im Punkte „*b*" soll beispielsweise eine Belastung von 200 Glühlampen à 16 Nk. (50 Watt) abgezweigt werden.

Die Betriebsspannung betrage, wie in Fig. 108 angedeutet, 2×110 Volt, was einer Spannung

zwischen den Aussenleitern von 220 Volt entspricht.

Sieht man zunächst von dem Mittelleiter ganz ab, so ist klar, dass die 110 voltigen Glühlampen zwischen den Aussenleitern nur zu je Zweien hintereinander geschaltet betrieben werden können,

Dieses wohl festhaltend, vereinfacht sich die Berechnung der Dreileiter-Leitungsanlage zu der einer gewöhnlichen Zweileiter-Leitungsanlage.

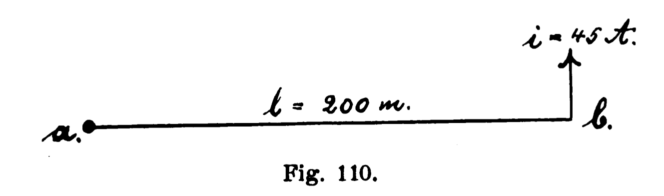


Fig. 110.

Die Stromstärke berechnet sich nach allen aufgeführten Daten zu:

$$i = \frac{\text{Lampenzahl} \times 50 \text{ Watt}}{\text{Betriebsspannung}} = \frac{200 \cdot 50}{220} =$$
$$\sim \mathbf{45\ Ampère.}$$

Legen wir nun der Querschnittsbestimmung für die Leitung zwischen den Punkten „*a-b*“ (Figg. 108 und 110) einen maximalen Spannungsverlust von 2% zu Grunde, was bei 220 Volt Betriebsspannung, also zwischen den Aussenleitern, einen absoluten Spannungsverlust von:

$$\frac{220 \cdot 2}{100} = 4,4 \text{ Volt},$$

somit zwischen je einem Aussenleiter und dem Mittelleiter 2,2 Volt ausmachen würde, so erhalten wir als Querschnitt für die Aussenleiter:

$$q = \frac{i \cdot l}{k \cdot e} = \frac{45 \cdot 200}{57 \cdot 4,4} = \sim 35 \text{ mm}^2.$$

Der Querschnitt der Aussenleiter beträgt danach 35 mm²; den Mittelleiter in halber Stärke der Aussenleiter dimensioniert, würde für diesen einen Querschnitt von 17,5 mm² ergeben, wofür der Normalquerschnitt von 16 mm² als ausreichend zu erachten wäre.

Genau in derselben Weise, wie dieser einfache Fall im Beispiel 4 würden sich auch die komplizierteren Fälle durchaus übereinstimmend mit der Berechnung von Zweileiternetzen gestalten.

Wir hatten in Fig. 106 eine Ringleitung angenommen, welche nur durch eine Hauptleitung von der Zentrale gespeist wird; hätten wir statt der einen Speiseleitung, wie in Fig. 111 deren vier, so würde sich die im Beispiel 3 durchgeführte Rechnung einfach viermal wiederholen, d. h. wir würden uns zur Berechnung der Ringleitung diese letztere an den vier Speisepunkten auseinander geschnitten denken und die einzelnen Teile der Ringleitung zwischen I und II, zwischen II und III, zwischen III und IV und zwischen IV und I einzeln in derselben

Weise durchrechnen, wie wir das im Beispiel 3 kennen gelernt haben. Bezüglich des Dreileitersystems ist dabei das im Beispiel 4 Ausgeführte zu beachten. Nach der aus der Berechnung sich

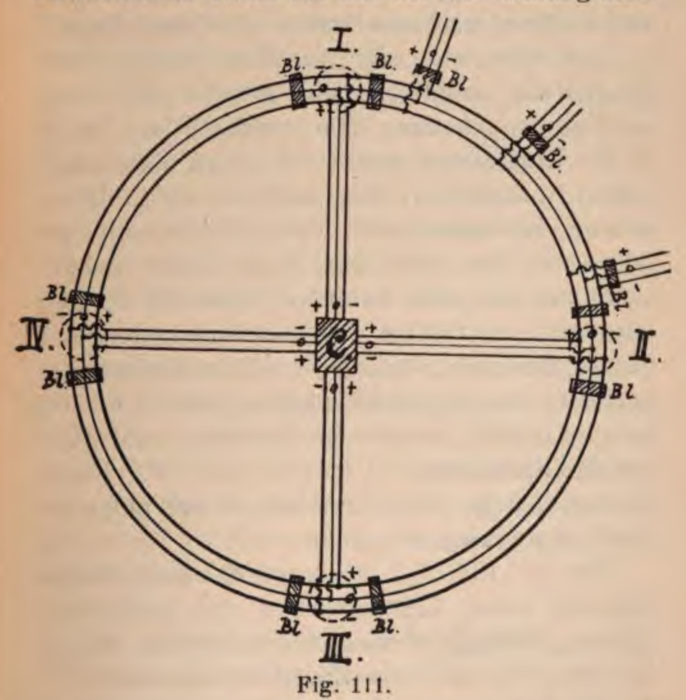


Fig. 111.

ergebenden Belastung der einzelnen Speisepunkte würden die Speiseleitungen zu berechnen sein. Diese Speiseleitungen müssen, um in den vier Speisepunkten die gleiche Spannung zu erhalten, von der Zentrale bis zu ihrem Angriffspunkte

an die Ringleitung unter sich unbedingt den gleichen Spannungsverlust aufweisen, den man bei ungleicher Länge und ungleicher Belastung der Speiseleitungen eventuell unter Einschaltung von Hilfswiderständen immer erreichen kann.

Die Spannung soll an allen Punkten der Ringleitung möglichst die gleiche und zwar die Lampenspannung sein, weshalb man auch in der Ringleitung selbst nur einen ganz minimalen Spannungsverlust zulässt. An die Ringleitung schliessen sich dann die Verteilungsleitungen für die einzelnen Beleuchtungs-Complexe mit den Lampen. Von den Speiseleitungen, die infolge des meist grösseren und mit der Belastung stetig wechselnden Spannungsverlustes sehr ungleiche Spannung führen, dürfen Lampen nicht abgezweigt werden, wohl aber von den Speisepunkten I, II, III und IV. Diese sind unbedingt von der Zentrale aus auf konstante Spannung zu halten.

Der in Fig. 111 schematisch dargestellte Entwurf eines Leitungsnetzes im Dreileitersystem (Fritsche's Ringleitungssystem) würde sich für viele kleinere Zentralen eignen.

Als Haupt- und Maschinenschaltung wäre für diese eventuell die Schaltung Fig. 96 oder Fig. 97 zu verwenden. Die einzelnen Speisepunkte sind an ihren Aussenleitern durch Messleitungen zum Zwecke der Spannungskontrolle mit der Zentrale zu verbinden. (Kontroll-Voltmeter).

Die Bestimmung der Anzahl der für jeden speziellen Fall erforderlichen Speisepunkte ist mehr oder weniger Erfahrungssache. Ein Wegweiser hierfür ist die Herauskalkulation eines wirtschaftlichen Mittels zwischen Kupferaufwand und Energieverlust bei möglichster Ausnutzung der Leitungsquerschnitte auf der Grundlage der bestehenden „Verbandsvorschriften“.

Für die meisten Fälle wird man bei Berechnung elektrischer Leitungsnetze mit der von Müllendorf in der elektrotechnischen Zeitschrift 1894, Heft 5 angegebenen, verbesserten Schnittmethode auskommen*). Für kompliziertere Leitungsnetze mit vielen und engen Maschen zwischen den einzelnen Speisepunkten wird man indessen oft gezwungen sein zu anderen Methoden zu greifen. Eine der vollkommensten Methoden zur Berechnung komplizierter Zentralnetze ist die vielfach gebräuchliche Kompensations- oder Verlegungsmethode.

Die Kosten.

Für generelle Kostenaufstellungen seien am Schlusse dieses Abschnittes die ungefähren Anschaffungskosten der einzelnen Teile elektrischer Anlagen angegeben:

a) Approximative Kosten kompleter Dampfkraftanlagen.

PS eff	10	12	15	20	30	40	50	80	100
Mk.	7000	8000	9000	11000	12500	14000	17000	20000	24000

*) Vergl. W. Hentze. „Analytische Berechnung elektrischer Leitungen“

Die Preise beziehen sich auf Dampfmaschine und Dampfkessel einschl. Rohrleitungen, Dampfpumpe, Injektor, Schutzgeländer und Kanal-Abdeckplatten.

b) Approximative Kosten kompleter Lokomobilanlagen.

PS. eff.	10	12	15	20	30	40	50	80	100
Mk.	7000	8000	9000	12000	14000	16000	18000	25000	30000

Die Preise verstehen sich einschl. Rohrleitungen, Dampfpumpe, Injektor, Schutzgeländer und Kanalabdeckplatten.

c) Approximative Kosten kompleter Gasmotoranlagen.

PS. eff.	5	10	12	15	20	30	40	50	80	100
Mk.	4500	7000	8000	9000	10000	12000	14000	15000	18000	22000

Die Preise verstehen sich einschl. Rohrleitungen Schutzgeländer und Kanalabdeckplatten.

d) Approximative Kosten kompleter Dynamo-Anlagen.

Watt	3000	6200	7700	9500	13000	20000	27000	35000
PS. eff.	5	10	12	15	20	30	40	50
Mk.	900	1300	1600	2000	2500	3000	3500	4000

Die Preise verstehen sich einschl. Riemenspanner, Nebenschlussregulator, Fundamentanker und Maschinenkabel für Dynamos mit normaler Tourenzahl.

e) Approximative Kosten kompleter Elektromotor-Anlagen.

PS. eff.	5	10	12	15	20	30	40	50
Watt	4500	8500	10000	13000	17000	24000	32000	40300
Mk.	1200	1600	2000	2500	3000	4000	4500	5000

Die Preise verstehen sich einschl. Riemen spanner, Anlasswiderstand, Fundamentanker und

Maschinenkabel für Elektromotore mit normaler Tourenzahl.

f) Bogenlampen und Glühlampen.

Die approximativen Kosten einer komplet installierten **Bogenlampe** betragen.

Mk. 120,— bis 150,—

einschl. Bogenlampe, Vorschaltwiderstand, einfachem Ausleger und Aufzugswinde.

Die approximativen Kosten einer komplet installierten **Glühlampe***) betragen:

1) für gewöhnliche Fälle (Fabriken, Bureaux, Wohnräume etc.), ausgeführt in isolierter Kupferleitung auf Porzellanrollen oder Porzellanklemmen:

Mk. 6,— bis 10,—

2) für spezielle Fälle (Brauereien, Brennereien, Färbereien, Stallungen etc.), ausgeführt in blanker Kupferleitung auf Porzellanisolatoren:

Mk. 12,— bis 15,—

3) für Installationen nach dem Bergmann-System, d. i. isolierte Kupferleitung in Bergmann-Isolierrohren unter Putz verlegt:

Mk. 10,— bis 15,—

---

*) In den Preisen nicht einbegriffen sind die Beleuchtungskörper, wie Kronen, Wandarme, Pendel etc.

Approximative Kosten eines Elektricitätswerkes für ca. 1000 gleichzeitig brennende Glühlampen à 16 Nk. bezw. deren Äquivalent.

1.	Grunderwerb*) ca. 1000 m² à 2,50 M.	5000 M.
2.	Gebäude mit Fundamenten	25000 „
3.	Schornstein	3000 „
4.	Dampfkessel (2 Kessel à 60 bis 90 m² Heizfläche)	18000 „
5.	Rohrleitung, einschliessl. Speisepumpen	3500 „
6.	Dampfmaschinen (2 Maschinen à 100 PS eff.)	15000 „
7.	Dynamomaschinen (2 Hauptdynamos, 1 Zusatzdynamo)	17000 „
8.	Schalttafel m. Instrumenten und Apparaten	4000 „
9.	Akkumulatorenbatterie	9000 „
10.	Hauptleitungsnetz (oberirdisch)	20000 „
11.	öffentliche Strassenbeleuchtung	3000 „
12.	Bauleitung und Montage	6000 „
13.	Unvorhergesehenes und zur Abrundung	1500 „
	Gesamtkosten in Summa	130000 M.

*) Die Kosten für den Grunderwerb richten sich ganz nach den örtlichen Verhältnissen.

Anhang.



Anhang.

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstrom-Anlagen

herausgegeben vom

Verbande Deutscher Elektrotechniker.

Zweite Ausgabe,

angenommen von der VI. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Frankfurt a. M. 1898.

Abteilung I.

Die Vorschriften dieser Abteilung gelten für elektrische Starkstrom-Anlagen mit Spannungen bis 250 Volt zwischen irgend zwei Leitungen oder eine Leitung und Erde, mit Ausschluss unterirdischer Leitungsnetze, elektrischer Bahnen und elektrochemischer Betriebsapparate.

Für solche gewerbliche Betriebe, welche die darin beschäftigten Personen der Gefährdung durch elektrische Ströme erfahrungsgemäss besonders zugänglich machen, gelten ausser den nachstehenden Vorschriften die im Anhang A enthaltenen Zusatzbestimmungen.

I. Betriebsräume und -Anlagen.

§ 1.

Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren und Stromwender, welche nicht in besonderen luft- und staubdichten Schutzkästen stehen, dürfen nur in Räumen aufgestellt werden, in denen normaler Weise eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub und Fasern ausgeschlossen ist. In allen Fällen ist die Aufstellung derart auszuführen, dass etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtungen auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

§ 2.

In Akkumulatorräumen darf keine andere als elektrische Glühlichtbeleuchtung verwendet werden. Solche Räume müssen dauernd gut ventiliert sein. Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und letzteres ist gegen Erde durch Glas, Porzellan oder ähnliche nicht hygroskopische Unterlagen zu isolieren. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um beim Auslaufen von Säure eine Gefährdung des Gebäudes zu vermeiden. Während der Ladung dürfen in diesen Räumen glühende oder brennende Gegenstände nicht geduldet werden.

§ 3.

Die Hauptschalttafeln in Betriebsräumen sollen aus unverbrennlichem Material bestehen, oder es müssen sämtliche stromführende Teile auf isolierenden und feuersicheren Unterlagen montiert werden. Sicherungen, Schalter und alle Apparate, in denen betriebsmässig Stromunterbrechung stattfindet, müssen derart angeordnet sein, dass etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtungen auftretende Feuererscheinungen benachbarte brennbare Stoffe nicht entzünden können und unterliegen überdies den in § 1 gegebenen Vorschriften.

Für Regulierwiderstände gelten die Bestimmungen des § 14.

II. Leitungen.

§ 4.

Das Kupfer der Stromleitungen muss den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker *) entsprechen.

§ 5.

Die höchste zulässige Betriebs-Stromstärke für isolierte Drähte und Kabel aus Leitungskupfer ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

Querschnitt in Quadrat-millimeter	Betriebs-Stromstärke in Ampère
0,75	3
1	4
1,5	6
2,5	10
4	15
6	20
10	30
16	40
25	60
35	80
50	100
70	130
95	165
120	200
150	235
185	275
240	330
310	400
400	500
500	600
625	700
800	850
1000	1000

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 Quadratmillimeter Querschnitt unterliegen den Vorschriften der vorstehenden Tabelle, blanke Kupferleitungen von 50 bis 1000 Quadratmillimeter Querschnitt können mit 2 Ampère für den Quadratmillimeter belastet werden.

Bei Verwendung von Drähten aus anderen Metallen müssen die Querschnitte entsprechend grösser gewählt werden.

Der geringste zulässige Querschnitt für isolierte Kupferleitungen, ausser an und in Beleuchtungskörpern, ist 1 Quadratmillimeter an und in Beleuchtungskörpern $^3/_4$ Quadratmillimeter.

---

*) Siehe Anhang B.

Der geringste zulässige Querschnitt von blanken Leitungen in Gebäuden ist 4 Quadratmillimeter, derjenige von blanken oder isolierten Freileitungen aus Kupfer oder anderen Metallen von mindestens gleich grosser Bruchfestigkeit ist 6 Quadratmillimeter.

§ 6.

Blanke Leitungen (Bezeichnung B oder BE) sind nur ausserhalb von Gebäuden und in feuersicheren Räumen ohne brennbaren Inhalt, soweit sie vor Beschädigungen oder zufälliger Berührung gesichert sind, ferner in Maschinen- und Akkumulatorräumen, welche nur dem Bedienungspersonal zugänglich sind, gestattet. Ausnahmsweise sind auch in nicht feuersicheren Räumen, in welchen ätzende Dünste auftreten, blanke Leitungen zulässig, wenn dieselben durch einen geeigneten Ueberzug gegen Oxydation geschützt sind.

Blanke Leitungen sind nur auf Isolierglocken zu verlegen und müssen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, von einander bei Spannweiten von über 6 Meter mindestens 30 Centimeter, bei Spannweiten von 4 bis 6 Meter mindestens 20 Centimeter, und bei kleineren Spannweiten mindestens 15 Centimeter, von der Wand in allen Fällen mindestens 10 Centimeter entfernt sein. Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafel sind Isolierrollen und kleinere Abstände zulässig.

Im Freien müssen blanke Leitungen wenigstens 4 Meter über dem Erdboden verlegt werden. Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Blitzschlägen wirksam bleiben. Es ist dabei auf eine gute Erdleitung Bedacht zu nehmen, welche unter möglichster Vermeidung von Krümmungen auszuführen ist.

Bezüglich der Sicherung vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen gegen Freileitungen wird auf § 12 des Telegraphengesetzes vom 6. April 1892 verwiesen.*)

---

*) Dieser Paragraph lautet: Elektrische Anlagen sind, wenn eine Störung des Betriebes an einer Leitung durch die andere eingetreten oder zu befürchten ist, auf Kosten desjenigen Teiles, welcher durch eine spätere Anlage oder durch eine später eintretende Aenderung einer bestehenden Anlage diese Störung oder die Gefahr derselben veranlasst, nach Möglichkeit so auszuführen, dass sie sich nicht störend beeinflussen.

Betriebsmässig geerdete, blanke Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen des § 6.

Isolierte Einfachleitungen.

§ 7.

a) Leitungen (Bezeichnung U), welche eine doppelte, fest auf dem Draht aufliegende, mit geeigneter Masse imprägnierte und nicht brüchige Umhüllung von faserigem Isoliermaterial haben, dürfen, soweit ätzende Dämpfe nicht zu befürchten sind, auf Isolierglocken überall, dagegen auf Isolierrollen, Isolierringen oder diesen gleichwertigen Befestigungstücken nur in ganz trockenen Räumen verwendet werden. Sie sind in einem Abstand von mindestens 2,5 Centimeter von einander zu verlegen.

b) Leitungen (Bezeichnung J), die unter der oben beschriebenen Umhüllung von faserigem Isoliermaterial noch mit einer zuverlässigen, aus Gummiband hergestellten Umwickelung versehen sind, dürfen, soweit ätzende Dämpfe nicht zu befürchten sind, auf Isolierglocken überall, dagegen auf Rollen, Ringen und Klemmen, und in isolierenden Rohren, sowie an und in Beleuchtungskörpern nur in solchen Räumen verlegt werden, welche im normalen Zustande trocken sind.

c) Leitungen (Bezeichnung G), bei welchem die Gummiisolierung in Form einer ununterbrochenen, nahtlosen und vollkommen wasserdichten Hülle hergestellt ist, dürfen, soweit ätzende Dämpfe nicht zu befürchten sind, auch in feuchten Räumen angewendet werden.

d) Blanke Bleikabel (Bezeichnung KB), bestehend aus einer oder mehreren Kupferseelen, starken Isolierschichten und einem nahtlosen einfachen, oder einem mehrfachen Bleimantel, müssen gegen mechanische Beschädigung geschützt sein und dürfen nicht unmittelbar mit Stoffen, welche das Blei angreifen, in Berührung kommen.

e) Asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung KA), dürfen nur da verlegt werden, wo sie gegen mechanische Beschädigung geschützt sind.

f) Asphaltierte armierte Bleikabel (Bezeichnung KE), bedürfen eines besonderen mechanischen Schutzes nicht.

g) Bleikabel jeder Art dürfen nur mit Endverschlüssen, Abzweigmuffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, welche das

Eindringen von Feuchtigkeit wirksam verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluss vermitteln, verwendet werden.

An den Befestigungsstellen ist darauf zu achten, dass der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind daher nur bei armierten Kabeln als Befestigungsmittel zulässig.

Blanke Bleikabel, deren Kupferseele weniger als 6 Quadratmillimeter Querschnitt hat, sind nur dann zulässig, wenn ihre Isolation aus vulkanisirtem Gummi oder gleichwertigem Material besteht.

h) Bei eisenarmirten Kabeln für Ein- oder Mehrphasenstrom müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörigen Leitungen in demselben Kabel enthalten sein.

i) Wenn vulkanisierte Gummiisolierung verwendet wird, muss der Leiter verzinnt sein.

Mehrfachleitungen.

(Bezeichnung L.)

§ 8.

a) Leitungsschnur darf in trockenen Räumen verwendet wenn jede der Leitungen in folgender Art hergestellt ist:

Die Kupferseele besteht aus Drähten unter 0,5 Millimeter Durchmesser; darüber befindet sich eine Umspinnung aus Baumwolle, welche von einer dichten, das Eindringen von Feuchtigkeit verhindernden Schicht Gummi umhüllt ist; hierauf folgt wieder eine Umwickelung mit Baumwolle und als äusserste Hülle eine Umklöppelung aus widerstandsfähigem Stoff, der nicht brennbarer sein darf als Seide oder Glanzgarn.

Der geringste zulässige Querschnitt für biegsame Leitungsschnur zum Anschluss beweglicher Lampen und Apparate ist 1 Quadratmillimeter für jede Leitung.

b) Derartige Leitungsschnur darf nur in normal trockenen Räumen und in einem Abstand von mindestens 5 Millimeter von der Wand- oder Deckenfläche, jedoch niemals in unmittelbarer Berührung mit leicht entzündbaren Gegenständen fest verlegt werden. Bei fester Verlegung darf der Querschnitt jeder Leitung nicht kleiner als 1,5 und nicht grösser als 4 qmm sein.

c) Beim Anschluss biegsamer Leitungsschnur an Fassungen, Anschlussdosen und andere Apparate müssen die Enden der Kupferlitzen verlötet sein.

Die Anschluss- und Verbindungsstellen müssen vor Zug gezchützt sein.

d) Biegsame Mehrfachleitungen zum Anschluss von Lampen und Apparaten sind in feuchten Räumen und im Freien zulässig, wenn jeder Leiter nach § 7 c und i hergestellt ist und die Leiter durch eine Umhüllung von widerstandsfähigem Isoliermaterial geschützt sind.

e) Drähte bis 6 Quadratmillimeter Querschnitt, oder Litzen, welche aus Drähten von mehr als 0,5 mm Durchmesser zusammengesetzt sind, dürfen, wenn ihre Beschaffenheit mindestens den Vorschriften 7 b und i entspricht, verdrillt oder in gemeinschaftlicher Umhüllung in trockenen Räumen wie Einzelleitungen nach 7 b fest verlegt werden.

Verlegung.

§ 9.

a) Alle Leitungen und Apparate müssen auch nach der Verlegung in ihrer ganzen Ausdehnung in solcher Weise zugänglich sein, dass sie jeder Zeit geprüft und ausgewechselt werden können.

b) Drahtverbindungen. Drähte dürfen nur durch Verlöten oder eine gleich gute Verbindungsart verbunden werden. Drähte durch einfaches Umeinanderschlingen der Drahtenden zu verbinden, ist unzulässig.

Zur Herstellung von Lötstellen dürfen Lötmittel, welche das Metall angreifen, nicht verwendet werden. Die fertige Verbindungsstelle ist entsprechend der Art der betreffenden Leitungen sorgfältig zu isolieren.

Abzweigungen von frei gespannten Leitungen sind von Zug zu entlasten.

Zum Anschlusse an Schalttafeln oder Apparate sind alle Leitungen über 25 Quadratmillimeter Querschnitt mit Kabelschuhen oder einem gleichwertigen Verbindungsmittel zu versehen. Drahtseile von geringerem Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe erhalten, an den Enden verlötet werden.

c) Kreuzungen von stromführenden Leitungen unter sich und mit sonstigen Metallteilen sind so auszuführen, dass Berührung

ausgeschlossen ist. Kann kein genügender Abstand eingehalten werden, so sollen isolierende Rohre übergeschoben oder isolierende Platten dazwischengelegt werden, um die Berührung zu verhindern. Rohre und Platten sind sorgfältig zu befestigen und gegen Lagenveränderung zu schützen.

d) Wand- und Deckendurchgänge sind entweder der in dem betreffenden Raume gewählten Verlegungsart entsprechend auszuführen, oder es sind haltbare Rohre aus isolierendem Material (Holz ausgeschlossen), welche ein bequemes Durchziehen der Leitungen gestatten, zu verwenden. In diesem Falle ist für jede einzeln verlegte Leitung, sowie für jede Mehrfachleitung je ein Rohr zu verwenden, und die Rohre sind in geeigneter Weise abzudichten. Die Rohre müssen über Decken- und Wandflächen mindestens 2 Centimeter und über Fussböden mindestens 10 Centimeter vorstehen und sind in letzterem Falle gegen mechanische Beschädigung zu schützen. In feuchten Räumen sind entweder Porzellanrohre zu verwenden, deren Enden nach Art der Isolierglocken ausgebildet sind, oder die Leitungen sind frei durch genügend weite Kanäle zu führen.

Betriebsmässig geerdete Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen des § 9 d.

e) Schutzverkleidungen sind da anzubringen, wo Gefahr vorliegt, das Leitungen beschädigt werden können, und sollen so hergestellt werden, dass die Luft zutreten kann. Leitungen können auch durch Röhre geschützt werden.

III. Isolierung und Befestigung der Leitungen.

§ 10.

Für die Befestigungsmittel und die Verlegung aller Arten von Leitungen gelten folgende Bestimmungen.

a) Isolierglocken dürfen im Freien nur in aufrechter Stellung, in gedeckten Räumen nur in solcher Lage befestigt werden, dass sich keine Feuchtigkeit in der Glocke ansammeln kann.

b) Isolierrollen und -ringe müssen so geformt und angebracht sein, dass die Leitung in feuchten Räumen wenigstens 10 Millimeter und in trockenen Räumen wenigstens 5 Millimeter lichten Abstand von der Wand hat.

Bei Führung längs der Wand soll auf je 80 Centimeter mindestens eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an den Decken kann die Entfernung im Anschluss an die Deckenkonstruktion ausnahmsweise grösser sein.

c) Klemmen müssen aus isolierendem Material oder Metall mit isolierenden Einlagen und Unterlagen bestehen und sind nur in normal trockenen Räumen zulässig.

Auch bei Klemmen müssen die Leitungen von der Wand einen Abstand von mindestens 5 Millimeter haben. Die Kanten der Klemmen müssen so geformt sein, dass sie keine Beschädigung des Isoliermaterials verursachen können.

d) Mehrfachleitungen dürfen nicht so befestigt werden, dass ihre Einzelleiter auf einander gepresst sind; metallene Bindedrähte sind hierbei nicht zulässig.

e) Rohre können zur Verlegung von isolierten Leitungen mit einer Isolation nach § 7 b oder c unter Putz, in und auf Wänden, Decken und Fussböden verwendet werden, sofern sie den Zutritt der Feuchtigkeit dauernd verhindern. Rohre für Leitungen nach § 7 b müssen aus Isoliermaterial bestehen oder mit Isoliermaterial ausgekleidet sein. Rohre für Leitungen nach § 7 c können aus Metall ohne isolierende Auskleidung bestehen. Es ist gestattet, Hin- und Rückleitungen in dasselbe Rohr zu verlegen; mehr als drei Leiter in demselben Rohre sind nicht zulässig. Bei Verwendung metallener Rohre für Wechselstromleitungen müssen Hin- und Rückleitungen in demselben Rohre geführt werden. Drahtverbindungen dürfen nicht innerhalb der Rohre, sondern nur in Verbindungsdosen ausgeführt werden, welche jederzeit leicht geöffnet werden können. Die lichte Weite der Rohre, die Zahl und der Radius der Krümmungen, sowie die Zahl der Dosen müssen so gewählt werden, dass man die Leitungen jederzeit leicht einziehen und entfernen kann.

Die Rohre sind so herzurichten, dass die Isolation der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann; die Stossstellen müssen sicher abgedichtet sein. Die Rohre sind so zu verlegen, dass sich an keiner Stelle Wasser ansammeln kann. Nach der Verlegung ist die höher gelegene Mündung des Rohrkanals luftdicht zu verschliessen.

f) Holzleisten sind zur Verlegung von Leitungen nicht gestattet. Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmässig geerdeten blanken Leitungen zulässig.

g) Einführungsstücke. Bei Wand-Durchgängen ins Freie sind Einführungsstücke von isolierendem und feuersicherem Material mit abwärts gekrümmtem Ende zu verwenden.

h) Bei Durchführungen der Leitungen durch hölzerne Wände und hölzerne Schalttafeln müssen die Oeffnungen durch isolierende und feuersichere Tüllen ausgefüttert sein.

IV. Apparate.

§ 11.

Die stromführenden Teile sämtlicher in eine Leitung eingeschalteten Apparate müssen auf feuersicheren, auch in feuchten Räumen gut isolierenden Unterlagen montiert und von Schutzkästen derart umgeben sein, dass sie sowohl vor Berührung durch Unbefugte geschützt, als auch von brennbaren Gegenständen feuersicher getrennt sind.

Die stromführenden Teile sämtlicher Apparate müssen mit gleichwertigen Mitteln und ebenso sorgfältig von der Erde isoliert sein, wie die in den betreffenden Räumen verlegten Leitungen. Bei Einführung von Leitungen muss der für die Leitung vorgeschriebene Abstand von der Wand gewahrt bleiben. Die Kontakte sind derart zu bemessen, dass durch den stärksten vorkommenden Betriebsstrom keine Erwärmung von mehr als 50° C über Lufttemperatur eintreten kann. Für Apparate in Betriebsräumen gilt § 3.

Sicherungen.

§ 12.

a) Die neutralen oder Null-Leitungen bei Mehrleiter- und Mehrphasen-Systemen, sowie alle betriebsmässig geerdeten blanken Leitungen dürfen keine Sicherungen enthalten; dagegen sind alle übrigen Leitungen, welche von der Schalttafel nach den Verbrauchsstellen führen, durch Abschmelzsicherungen oder andere selbstthätige Stromunterbrecher zu schützen.

b) Die höchste zulässige Abschmelzstromstärke bestimmt sich (mit Ausnahme des unter g angeführten Falles) aus folgender Tabelle:

Draht-querschnitt in Quadrat-millimeter	Normalstrom-stärke der Sicherung in Ampère	Abschmelz-stromstärke der Sicherung in Ampère
0,75	6	12
1	6	12
1,5	6	12
2,5	10	20
4	15	30
6	20	40
10	30	60
16	40	80
25	60	120
35	80	160
50	100	200
70	130	260
95	165	330
120	200	400
150	235	470
185	275	550
240	330	660
310	400	800
400	500	1000
500	600	1200
625	700	1400
800	850	1700
1000	1000	2000

Es ist zulässig, die Sicherung für eine Leitung schwächer zu wählen, als sie nach dieser Tabelle sein sollte.

c) Sicherungen sind (mit Ausnahme des unter g angeführten Falles) an allen Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitung in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert und zwar in einer Entfernung von höchstens 25 Centimeter von der Abzweigstelle. Das Anschlussleitungsstück kann von geringerem Querschnitt sein als die Hauptleitung, welche durch dasselbe mit der Sicherung verbunden wird, ist aber in diesem Falle von entzündlichen Gegenständen feuersicher zu trennen und darf dann nicht aus Mehrfachleitern hergestellt sein.

Ist die Anbringung der Sicherung in einer Entfernung von höchstens 25 Centimeter von den Abzweigstellen nicht angängig, so muss die von der Abzweigstelle nach der Sicherung führende Leitung den gleichen Querschnitt wie die durchgehende Hauptleitung erhalten.

d) Die Sicherungen müssen derart konstruiert sein, dass beim Abschmelzen kein dauernder Lichtbogen entstehen kann, selbst dann nicht, wenn hinter der Sicherung Kurzschluss entsteht; auch muss bei Sicherungen bis 6 Quadratmillimeter Leitungsquerschnitt (20 Ampère Normalstromstärke) durch die Konstruktion eine irrtümliche Verwendung zu starker Abschmelzstöpsel ausgeschlossen sein.

Bei Sicherungen aus weichen plastischen Metallen darf das Metall nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern es müssen die Enden der Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Material eingelötet werden.

e) Sicherungen sind möglichst zu zentralisieren und in handlicher Höhe anzubringen.

f) Die Maximalspannung und die Normalstromstärke sind auf dem auswechselbaren Stück der Sicherung zu verzeichnen.

g) Mehrere Verteilungsleitungen können eine gemeinsame Sicherung von höchstens 6 Ampère Normalstromstärke erhalten. Querschnittsverminderungen oder Abzweigungen jenseits dieser Sicherung brauchen in diesem Falle nicht weiter gesichert zu werden.

h) Bewegliche Leitungsschnüre zum Anschluss von transportablen Beleuchtungskörpern und Apparaten sind stets mittels lösbaren Kontaktes und Sicherung an allen Polen abzuzweigen, welch' letztere der Stromstärke genau anzupassen ist.

i) Innerhalb von Räumen, wo betriebsmässig leicht entzündliche oder explosible Stoffe vorkommen, dürfen Sicherungen nicht angebracht werden.

Ausschalter.

§ 13.

a) Die Schalter müssen so konstruiert sein, dass sie nur in geschlossener oder offener Stellung, nicht aber in einer Zwischenstellung verbleiben können.

Hebelschalter für Ströme über 50 A und in Betriebsräumen alle Hebelschalter sind von dieser Vorschrift ausgenommen.

Die Wirkungsweise aller Schalter muss derart sein, dass sich kein dauernder Lichtbogen bilden kann.

b) Die normale Betriebsstromstärke und Spannung sind auf dem Schalter zu vermerken.

c) Metallkontakte sollen ausschliesslich Schleifkontakte sein.

d) Betriebsmässig geerdete Leitungen dürfen keinen Ausschalter enthalten. Null-Leiter dürfen nur gleichzeitig mit den Aussenleitern ausschaltbar sein.

e) In Räumen, wo betriebsmässig leicht entzündliche oder explosible Stoffe vorkommen, ist die Anwendung von Ausschaltern und Umschaltern nur unter verlässlichem Sicherheitsabschluss zulässig.

Widerstände.

§ 14.

Widerstände und Heizapparate, bei welchen eine Erwärmung um mehr als 50° C eintreten kann, sind derart anzuordnen, dass eine Berührung zwischen den wärmeentwickelnden Teilen und entzündlichen Materialien, sowie eine feuergefährliche Erwärmung solcher Materialien nicht vorkommen kann.

Widerstände sind auf feuersicherem, gut isolierendem Material zu montieren und mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu umkleiden. Widerstände dürfen nur auf feuersicherer Unterlage, und zwar freistehend, oder an feuersicheren Wänden angebracht werden. In Räumen, in denen betriebsmässig explosible Gemische von Staub, Fasern oder Gasen vorhanden sind, dürfen Widerstände nicht aufgestellt werden.

V. Lampen und Beleuchtungskörper.

Glühlicht.

§ 15.

a) Glühlampen dürfen in Räumen, in denen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern stattfinden kann, nur mit dichtschliessenden Überglocken, welche auch die Fassungen einschliessen, verwendet werden.

Glühlampen, welche mit entzündlichen Stoffen in Berührung kommen können, müssen mit Schalen, Glocken oder Drahtgittern versehen sein, durch welche die unmittelbare Berührung der Lampen mit entzündlichen Stoffen verhindert wird.

b) Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung, welche jedoch nicht unter Spannung stehen darf, vor Berührung geschützt sein. Hartgummi und andere Materialien, welche in der Wärme einer Formveränderung unterliegen, sowie Steinnuss, sind als Bestandteile im Innern der Fassungen ausgeschlossen.

c) Die Beleuchtungskörper müssen isoliert aufgehängt, bezw. befestigt werden, soweit die Befestigung nicht an Holz oder bei besonders schweren Körpern an trockenem Mauerwerk erfolgen kann. Sind Beleuchtungskörper entweder gleichzeitig für Gasbeleuchtung eingerichtet oder kommen sie mit metallischen Teilen des Gebäudes in Berührung, oder werden sie an Gasleitungen oder feuchten Wänden befestigt, so ist der Körper an der Befestigungsstelle mit einer besonderen Isoliervorrichtung zu versehen, welche einen Stromübergang vom Körper zur Erde verhindert. Hierbei ist sorgfältig darauf zu achten, dass die Zuführungsdrähte den nicht isolierten Teil der Gasleitung nirgends berühren. Ausgenommen von der Vorschrift 15 c sind Anlagen mit geerdetem Mittelleiter.

d) Beleuchtungskörper müssen so aufgehängt werden, dass die Zuführungsdrähte durch Drehen des Körpers nicht verletzt werden können.

e) Zur Montierung von Beleuchtungskörpern ist gummiisolierter Draht (mindestens nach § 7 b) oder biegsame Leitungsschnur zu verwenden. Wenn der Draht aussen geführt wird, muss er derart befestigt werden, dass sich seine Lage nicht verändern kann und eine Beschädigung der Isolierung durch die Befestigung ausgeschlossen ist.

f) Schnurpendel mit biegsamer Leitungsschnur sind nur dann zulässig, wenn das Gewicht der Lampe nebst Schirm von einer besonderen Tragschnur getragen wird, welche mit der Litze verflochten sein kann. Sowohl an der Aufhängestelle, als auch an der Fassung müssen die Leitungsdrähte länger sein als die Tragschnur, damit kein Zug auf die Verbindungsstelle ausgeübt wird.

Auch sonst dürfen Leitungen nicht zur Aufhängung benützt werden, sondern müssen durch besondere Aufhängevorrichtungen, welche jederzeit kontrollierbar sind, entlastet sein.

Bogenlicht.

§ 16.

a) Bogenlampen dürfen nicht ohne Vorrichtungen, welche ein Herausfallen glühender Kohlenteilchen verhindern, verwendet werden. Glocken ohne Aschenteller sind unzulässig.

b) Die Lampe ist von der Erde isoliert anzubringen.

c) Die Einführungsöffnungen für die Leitungen müssen so beschaffen sein, dass die Isolierhülle der letzteren nicht verletzt werden und Feuchtigkeit in das Innere der Laterne nicht eindringen kann.

d) Bei Verwendung der Zuleitungsdrähte als Aufhängevorrichtung dürfen die Verbindungsstellen der Drähte nicht durch Zug beansprucht und die Drähte nicht verdrillt werden.

e) Bogenlampen dürfen nicht in Räumen, in denen eine Explosion durch Entzündung von Gasen, Staub oder Fasern stattfinden kann, verwendet werden.

VI. Isolation der Anlage.

§ 17.

a) Der Isolationswiderstand des ganzen Leitungsnetzes gegen Erde muss mindestens $\frac{1\,000\,000}{n}$ Ohm betragen. Ausserdem muss für jede Hauptabzweigung die Isolation mindestens

$$10\,000 + \frac{1\,000\,000}{n} \text{ Ohm}$$

betragen.

In diesen Formeln ist unter n die Zahl der an die betreffende Leitung angeschlossenen Glühlampen zu verstehen, einschliesslich eines Aequivalentes von 10 Glühlampen für jede Bogenlampe, jeden Elektromotor oder anderen stromverbrauchenden Apparat.

b) Bei Messungen von Neuanlagen muss nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und der Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen verschiedenen Potentiales gegen einander gemessen werden; hierbei müssen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere stromverbrauchenden Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Dabei müssen die Isolationswidertände den obigen Formeln genügen.

c) Bei der Messung der Isolation sind folgende Bedingungen zu beachten: Bei Isolationsmessung durch Gleichstrom gegen Erde soll, wenn möglich, der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden, und die Messung soll erst erfolgen, nachdem die Leitung während einer Minute der Spannung ausgesetzt war. Alle Isolationsmessungen müssen mit der Betriebsspannung gemacht werden. Bei Mehrleiteranlagen ist unter Betriebsspannung die einfache Lampenspannung zu verstehen.

d) Anlagen, welche in feuchten Räumen, z. B. in Brauereien und Färbereien, installiert sind, brauchen der Vorschrift a) dieses Paragraphen nicht zu genügen, müssen aber folgender Bedingung entsprechen:

Die Leitung muss ausschliesslich mit feuer- und feuchtigkeitsbeständigem Verlegungsmaterial und so ausgeführt sein, dass eine Feuersgefahr infolge Stromableitung dauernd ganz ausgeschlossen ist.

VII. Pläne.

§ 18.

Für jede Starkstrom-Anlage soll bei Fertigstellung ein Plan oder ein Schaltungsschema hergestellt werden.

Der Plan soll enthalten:

a) Bezeichnung der Räume nach Lage und Verwendung. Besonders hervorzuheben sind feuchte Räume und solche, in welchen ätzende oder leicht entzündliche Stoffe oder explosible Gase vorkommen.

b) Lage, Querschnitt und Isolierungsart der Leitungen. Der Querschnitt wird in Quadratmillimeter ausgedrückt neben die Leitungslinien gesetzt. Die Isolierungsart wird durch die unten angeführten Buchstaben bezeichnet.

c) Art der Verlegung (Isolierglocken, Rollen, Ringe, Rohre etc.); hierfür sind ebenfalls nachstehend Bezeichnungen angegeben.

d) Lage der Apparate und Sicherungen.

e) Lage und Art der Lampen, Elektromotoren und sonstigen Stromverbraucher.

Für alle diese Pläne sind folgende Bezeichnungen anzuwenden

× = Feste Glühlampe.

∿× = Bewegliche Glühlampe.

⊗ 5 = Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).

∿⊗ 3 = Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).

Obige Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke sowie für Fassungen mit und ohne Hahn.

◎ 6 = Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6) in Ampère.

10 = Dynamomaschine bezw. Elektromotor jeder Stromart mit Angabe der höchsten zulässigen Beanspruchung in Kilowatt.

= Akkumulatoren.

= Wandfassung, Anschlussdose.

6 6 6 = Einpoliger bezw. zweipoliger bezw. dreipoliger Ausschalter mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (6) in Ampère.

= Umschalter, desgl.

= Sicherung (an der Abzweigstelle)

10 = Widerstand, Heizapparate und dgl. mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (10) in Ampère.

10 = Desgl., beweglich angeschlossen.

7,5 = Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt (7,5).

= Drosselspule.

= Blitzschutzvorrichtung.

5 20 = Zweileiter- bezw. Dreileiter- oder Drehstromzähler mit Angabe des Messbereichs in Kilowatt (5 bezw. 20).

= Zweileiter-Schalttafel.

= Dreileiter-Schalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.

= Einzelleitung.

= Hin- und Rückleitung.

= Dreileiter- oder Drehstromleitung.

= Fest verlegte biegsame Mehrfachleitung jeder Art.

= nach oben } führende Steigleitung.

= nach unten } führende Steigleitung.

B = Blanker Kupferdraht.

BE = Blanker Eisendraht.

U = Leitung nach § 7 a.

J = „ „ § 7 b.

G = „ „ § 7 c.

L = „ „ § 8 a—e.

KB	=	Kabel „ § 7 d.
KA	=	„ „ § 7 e.
KE	=	„ „ § 7 f.
(g)	=	Verlegung auf Isolierglocken nach § 10 a.
(r)	=	Verlegung auf Rollen oder Ringen nach § 10 b.
(k)	=	Verlegung auf Klemmen nach § 10 c.
(o)	=	Verlegung in Rohren nach § 10 e.

Das Schaltungsschema soll enthalten: Querschnitte der Hauptleitungen und Abzweigungen von den Schalttafeln mit Angabe der Belastung in Ampère.

Die Vorschriften dieses Paragraphen gelten auch für alle Abänderungen und Erweiterungen.

Der Plan und das Schaltungsschema sind von dem Besitzer der Anlage aufzubewahren.

VIII. Schlussbestimmungen.

§ 19.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, diese Vorschriften den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

§ 20.

Die vorstehenden Vorschriften sowie Anhang A hierzu sind von der Kommission des Verbandes Deutscher Elektrotechniker einstimmig angenommen worden und haben daher in Gemässheit des Beschlusses der Jahresversammlung des Verbandes vom 3. Juni 1898 als Verbandsvorschriften zu gelten.

Der Vorsitzende der Kommission.

Budde.

Anhang A

zur Abteilung I der Sicherheitsvorschriften.

Für diejenigen Teile von industriellen und gewerblichen Betrieben, in denen erfahrungsgemäss die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert und der Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen erheblich vermindert wird, gelten die folgenden Zusatzbestimmungen:

1. An geeigneten Stellen sind Tafeln anzubringen, welche in deutlich erkennbarer Schrift vor der Berührung der elektrischen Leitungen warnen.

2. Die Gestelle von Dynamomaschinen und Motoren müssen entweder isoliert und mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben oder dauernd geerdet sein.

3. Die Gehäuse von Transformatoren sind zu erden.

4. Akkumulator-Batterien müssen mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben und ihre Anordnung muss derart getroffen sein, dass bei der Bedienung eine gleichzeitige Berührung von Punkten, zwischen denen eine Spannung von mehr als 100 Volt besteht, nicht möglich ist.

5. Schalttafeln müssen von Erde isoliert und mit isolierendem Bedienungsgang umgeben sein, oder es müssen sämtliche Teile, welche unter Spannung stehen, auf der Bedienungsseite durch Gehäuse vor Berührung geschützt sein.

6. Schalter an Verbrauchsstellen müssen mit Schutzgehäusen versehen sein.

7. Schutzgehäuse jeder Art müssen entweder aus Isoliermaterial hergestellt oder geerdet sein, dasselbe gilt von den aus den Schutzkästen hervorragenden Teilen (Griffen u. s. w.) derselben.

8. Jeder Verbrauchs-Stromkreis muss innerhalb der von ihm versorgten Räumlichkeiten ausschaltbar sein. Die Ausschalter müssen leicht erreichbar an durch Betriebsordnung frei zu haltenden Stellen angebracht sein.

Das Fabrikpersonal ist in geeigneter Weise über Zweck und Handhabung dieser Ausschalter zu belehren.

9. Die äussere Metallumhüllung von Leitungen, der äussere Bleimantel oder die Armierung von Kabeln, Schutzdrähte, Schutz-

netze, metallische Schutzverkleidungen und Schutzkästen von Teilen, die unter Spannung stehen, müssen geerdet sein.

10. Die Verwendung von Leitungen mit einer Isolierung nach § 7 a, sowie von fest verlegter Leitungsschnur ist verboten.

11. Freileitungen müssen aus blanken Drähten von wenigstens 10 qmm Querschnitt bestehen.

Wo Freileitungen in die Nähe von Apparaten kommen, sind sie im Handbereich vor zufälliger Berührung zu schützen.

Die Freileitungen müssen mindestens 6 m von der Erdoberfläche entfernt sein.

Freileitungen in der Nähe von Gebäuden sind so anzubringen, dass sie von den Gebäuden aus ohne besondere Hilfsmittel nicht zugänglich sind.

12. Leitungen in und an Gebäuden müssen, soweit sie im Fabrikbetriebe der Berührung zugänglich sind, durch eine Verkleidung geschützt sein. Bei armierten Bleikabeln und metallumhüllten Leitungen kann die Schutzverkleidung wegfallen.

13. Lampen, die ohne besondere Hilfsmittel zugänglich sind, müssen eine geerdete Schutzumhüllung haben. Hahnfassungen aus Metall sind verboten.

Bei transportablen Lampen muss die Leitungsschnur mit einem Gummischlauch oder geerdetem Metall umgeben sein.

14. Lampenträger jeder Art müssen, sofern sie aus Metall sind, gegen Berührung geschützt oder geerdet sein.

15. Bogenlampen sind isoliert in die Laternen (Gehänge, Armaturen) einzusetzen; letztere sowohl wie die Aufzugsvorrichtungen sind zu erden.

16. Die Anlage ist, soweit sie unter diese Zusatzbestimmungen fällt, monatlich einmal auf brauchbaren Zustand, insbesondere auf Isolation zu prüfen. Ueber den Befund ist Buch zu führen.

17. Installations-Arbeiten dürfen während des Betriebes nur von besonders geschultem Personal ausgeführt werden. Ein Einzelner ohne Begleitung darf niemals derartige Arbeiten vornehmen.

18. An passenden Stellen sind Vorschriften über die Behandlung von Personen, die durch den elektrischen Strom betäubt sind, anzubringen.

Anhang B.

Kupfernormalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

§ 1. Der specifische Widerstand des Leitungskupfers wird gegeben durch den in Ohm ausgedrückten Widerstand eines Stückes von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt bei 15° C.

§ 2. Als Leitfähigkeit des Kupfers gilt der reciproke Wert des durch § 1 festgesetzten spezifischen Widerstandes.

§ 3. Kupfer, dessen spezifischer Widerstand grösser ist als 0,0175, oder dessen Leitfähigkeit kleiner ist als 57, ist als Leitungskupfer nicht annehmbar.

§ 4. Als Normalkupfer von 100% Leitfähigkeit gilt ein Kupfer, dessen Leitfähigkeit 60 beträgt.

§ 5. Zur Umrechnung des spezifischen Widerstandes oder der Leitfähigkeit von anderen Temperaturen auf 15° C ist in allen Fällen, wo der Temperaturkoëffizient nicht besonders bestimmt wird, ein solcher von 0,4% für 1° C anzunehmen.

Von der **gesamten Fachpresse glänzend besprochen**, lassen wir nachstehend eine Reihe der bemerkenswerteren Urteile folgen:

Elektrotechnischer Anzeiger vom 13. Mai 1900. ....Der Verfasser hat in dem vorliegenden I. Bande ein für den Praktiker recht brauchbares Werk geschaffen, in welchem die Konstruktion, Schaltung und Betriebsweise der gebräuchlichen Gleichstrommaschinen und Akkumulatoren mit wenigen aber klaren Worten in gemeinverständlicher Weise beschrieben werden. Auch die dargestellten Schaltungsskizzen sind recht übersichtlich angeordnet, so dass wir das Buch bestens empfehlen können.

Elektrotechnische Zeitschrift, Heft 21 vom 24. Mai 1900. ..... Im allgemeinen jedoch kann man sich mit der Darstellung einverstanden erklären und darf annehmen, dass dieses kleine Werk vielen, denen mit theoretischen gelehrten Büchern nicht gedient ist, recht willkommen sein wird.

J. Wg.

Kraft und Licht, Zeitschrift für Maschinenbau, Beleuchtungswesen, Elektrotechnik und Metallindustrie, vom 4. Aug. 1900. .... Das vorliegende, sauber ausgestattete Buch stellt den ersten Band eines Sammelwerkes „Die elektrotechnische Praxis" von demselben Verfasser dar. Wenn sich mit demselben zu den vielen Schriften über das gleiche Thema ein neues Werk gesellt, so hat es doch vor sehr vielen den Vorzug einer thatsächlich aus der Praxis heraus geschriebenen Abfassung. Der Praktiker wird das Buch mit Nutzen verwenden, schon deshalb, weil zum Verständnis desselben nur ganz elementare technische, physikalische und mathematische Vorkenntnisse erforderlich sind. Ein näheres Eingehen auf den Inhalt macht sich nach dem Gesagten entbehrlich.

Glückauf, Berg- und Hüttenmännische Wochenschrift, vom 18. August 1900. .... Wir können somit das vorliegende Werk als wirklich für die Praxis geeignet empfehlen. Dem Verfasser ist seine auch in dem Vorwort ausgesprochene Absicht, ein Werk für die Praxis zu schreiben, in hervorragender Weise gelungen. *R. Kr.*

Baugewerks-Zeitung vom 9. Juni 1900. . . . . . Das Studium des vorliegenden ersten Bandes ist nicht nur dem Laien, der sich in ausreichender Weise über die angewandte Elektrotechnik Belehrung zu verschaffen sucht, zu empfehlen, sondern das Buch enthält auch für den Praktiker und Fachmann ein wertvolles Material für die richtige Auffassung der einschlägigen Materie; nicht zum mindesten sind die Hinweise auf die Fachlitteratur zu unterschätzen, die wertvolle Angaben für eingehenderes Studium bieten.

E. L.

Litterarische Rundschau des: Der Bautechniker vom 25. Mai 1900. . . . . Das vorliegende Buch ist so klar und bündig abgefasst, dass es für den Fachmann ein Vergnügen ist, dasselbe durchzulesen. Es ist sehr anziehend geschrieben, und wer lernen will, kann mit Hilfe dieses Buches leicht und rasch lernen. Wir können das sehr interessante Werk allen Fachleuten und Freunden der Elektrotechnik allerbestens empfehlen. *Ludw. Klasen.*

Volldampf, Zeitschrift für Handel und Industrie, vom 15. Juni 1900. . . . . Die Vortragsweise des Verfassers ist fesselnd und anregend, so dass sein Werk zweifellos viele Freunde und Leser finden wird unter den Elektrotechnikern und bei den Monteuren und Leitern elektrischer Anlagen, wie bei allen Interessenten, welche sich schnell und ohne grosse Opfer an Zeit und Geld in der Elektrotechnik orientieren und unterrichten wollen. Wir können den I. Band nur warm empfehlen und werden bei Erscheinen des II. und III. Bandes s. Zt. berichten.

Rheinisch-Westfälische Zeitung vom 1. Juni 1900. . . . . Mit trefflicher Geschicklichkeit hat er alle Ausdrücke, Formeln und Ausführungen, welche nur für den Fachelektrotechniker verständlich wären, vermieden und daher ein Hilfsmittel zur Einarbeitung in dieser Materie geliefert, wie es instruktioneller für einen Techniker nicht gedacht werden kann. Mit Interesse erwarten wir den Fortgang dieses vorzüglichen Werkes und werden noch häufiger auf dasselbe zurückkommen.

Louis Marcus Verlagsbuchhandlung in **Berlin SW. 61**
Tempelhofer Ufer 7.

Das vorstehend bezeichnete Werk soll in der elektrotechnischen Litteratur eine Lücke ausfüllen und speziell für den in der Praxis thätigen Ingenieur, Techniker, strebsamen Monteur etc. ein jederzeit Auskunft gebendes Handbuch sein, um sich über eine gerade verlangte Schaltungsart informieren zu können. Zu diesem Zwecke umfasst dasselbe sowohl die einzelnen Schaltungen der Dynamomaschinen, Motoren, Mess-, Schalt-, Sicherheits- und automatischen Apparate, sowie Akkumulatoren, als auch die allgemeinen Schemata für Schalttafeln, kompl. Centralen, Schiffsanlagen, Strassenbahnen, Automobile und Galvanoplastik; ferner sind im Anhang noch die für die Praxis nötigsten Tabellen und Vorschriften enthalten.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen im In- und Auslande.

Das erscheinende Werk soll sowohl für den Studierenden als auch für den praktischen Ingenieur und Techniker, welche in ihrem Dienste mit der Ausführung elektrischer Messungen oft zu thun haben, ein verlässlicher Rathgeber sein. Die Behandlung des Stoffes ist eine solche, dass sie auch jenen, welche keine ausführlichen Kenntnisse auf dem Gebiete der Elektrotechnik besitzen, verständlich ist, ohne darum volksthümlich zu werden. Die langathmigen mathematischen Abhandlungen sind darin thunlichst vermieden, und es wurde hauptsächlich dahin gewirkt, dass die verschiedenen Schaltungsweisen, sowie auch die Berechnung der gesuchten Grössen aus den gemessenen Werthen klar und übersichtlich behandelt werden. Das Buch umfasst ausser dem elektrotechnischen Theile auch ein Kapitel über Mechanik und eines über Magnetismus, welche die mechanischen resp. magnetischen Gesetze insofern behandeln, als sie zum Verständnis der späteren Abschnitte unumgänglich nöthig sind. Der Anhang umfasst die Photometrie sowie verschiedene, für den praktischen Gebrauch wichtige Tabellen.

A. W. Hayn's Erben, Berlin und Potsdam.







